З. Б. ГИНЗБУРГ
И. П. ЖЕРЕБЦОВ

ТЕХНИКА КОРОТКИХ ВОЛН

1938

РАДИОИЗДАТ

З. Б. ГИНЗБУРГ
И. П. ЖЕРЕБЦОВ

ТЕХНИКА КОРОТКИХ ВОЛН

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО ВОПРОСАМ РАДИО
МОСКВА. 1938

ПРЕДИСЛОВИЕ

В книге З. Б. Гинзбурга и И. П. Жеребцова в доступной для начинающего радиолюбителя-коротковолновика форме изложены разделы техники коротких волн, знакомство с которыми необходимо ему для понимания особенностей и свойств коротких волн и коротковолновой аппаратуры.

В книге не нашли отражение некоторые вопросы новейшей техники, связанные с выпуском новых ламп.

По этим вопросам Радиоиздатом выпущены книги Е. А. Левитин „Приемно-усилительные лампы" и А. И. Ковалев „Супергетеродины".

Главы III, IV, VIII и IX написаны З. Б. Гинзбургом, главы, I, II, V, VI, VII, X и XI—И. П. Жеребцовым.

Издательство.

Ответственный редактор *Г. Гартман*
Корректора *Л. Баранова и Е. Куканова.* Техн. редактор *М. Забелинский*

Сдано в производство 9 июля 1937 г. Подписано к печати 29 мая 1938 г.
Об'ем 15 печ. лист., 18 уч. авт. лист. Формат 1/16 доля 60×92 *см.*
Тир. 10.000 экз. Уполн. Главлита № Б-43602. Радиоиздат № 17. Зак. № 2872

Рязанская типография, Советская площадь.

Глава I

КОРОТКОВОЛНОВОЕ ЛЮБИТЕЛЬСТВО

Миллионы людей слушают радиопередачи. Это миллионы радиослушателей. Но кроме огромной армии радиослушателей имеется большой отряд радиолюбителей, т. е. лиц, занимающихся не только слушанием, но и экспериментированием в области радио. Радиолюбители сами конструируют радиоаппаратуру, испытывают ее, изобретают новые схемы и детали, вносят сотни и тысячи усовершенствований в радиотехнику. Много прекрасных радиоинженеров, радиотехников и радистов вышло из любителей. Радиолюбительство является источником ценных кадров радиоспециалистов и превосходной практической школой радиотехники. Коротковолновики, т. е. радиолюбители, занимающиеся работой на коротких волнах (короче 200 *м*), являются наиболее квалифицированной частью армии радиолюбителей. Однако, большинство коротковолновиков сначала занимались приемом длинных волн и продолжают работать в этой области радиотехники и в дальнейшем.

Каждый коротковолновик должен знать не только приемную радиотехнику, но и технику радиопередатчиков, передающих антенн, телефонной работы, должен уметь принимать на слух азбуку Морзе и знать основные правила ведения радиосвязи. Все эти знания позволяют любителям коротковолновикам быть прекрасными радистами операторами, способными искусно держать связь в труднейших условиях и тем самым быть ценнейшими работниками для нашей социалистической связи и для обороны Советского Союза.

Родиной коротковолнового любительства является Америка. Еще в 1921 г. любители США получили от своего правительства разрешение вести опыты радиопередачи на волнах короче 200 *м*, так как эти волны тогда считались негодными для связи. Но американские любители с маломощными самодельными передатчиками не только стали держать на этих волнах связь в пределах США, а перекрыли Атлантический океан и сумели связаться с Европой.

Эти успехи сыграли двоякую роль. Во-первых, короткими волнами стали заниматься любители Англии, Франции, Германии и других стран, а во-вторых, на короткие волны обратили свое внимание радиоспециалисты и учреждения правительственной связи.

Короткие волны открыли новую замечательную эпоху в развитии радиосвязи. Только с помощью коротких волн люди смогли победить любые земные расстояния, установить связь между антиподами.

В СССР первые коротковолновики начали работать с 1925 г. С первых же дней своей работы советские коротковолновики активно участвуют в социалистическом строительстве и обороне нашей страны.

В 1928 г. в Москве и Ленинграде были проведены полеты аэростатов с любительскими коротковолновыми передвижками, которые успешно держали связь с землей. Советский коротковолновик первым услышал сигналы бедствия экспедиции Нобиле, летевшей на дирижабле через северный полюс. Коротковолновики поехали держать связь на спасательных судах во главе с ледоколом „Красин". Со своими передвижками они участвовали в экспедициях на Памир, на Чукотку, на вершину Казбека, кругом Европы на учебном парусном судне „Вега".

В том же 1928 г. впервые была установлена в Арктике на Новой земле (Маточкин шар) радиостанция, работавшая на коротких волнах. Позднее аналогичная станция была открыта на земле Франца-Иосифа. На обеих станциях работал коротковолновик тов. Кренкель. В 1930 г. ему удалось связаться на коротких волнах с антарктической экспедицией Бэрда.

Эта связь между Арктикой и Антарктикой является неповторенным рекордом.

Сотни любителей коротковолновиков стали превосходными специалистами и работают в передовых рядах радиостроителей, радиосвязистов и радиофикаторов. Достаточно вспомнить героическую челюскинскую эпопею и зимовку на северном полюсе, в которых выдающуюся роль сыграл тов. Кренкель, награжденный орденами и званием Героя Советского Союза.

Радиолюбители коротковолновики объединены у нас в секции коротких волн (СКВ) при Осоавиахиме, являющимся наиболее массовым и мощным обществом в Союзе. Одной из основных задач нашего радиолюбительского движения является овладение техникой коротких волн широкими массами радиолюбителей. Нам необходим количественный и качественный рост армии коротковолновиков, так как в этом отношении мы сильно отстаем от многих стран и особенно от США, в которых число любителей коротковолновиков достигает 50.000 человек.

Обязанностью же каждого коротковолновика является повышение своей квалификации и передача своих знаний и навыков другим начинающим любителям. Для повышения квалификации

коротковолновиков центральной и некоторыми местными организациями коротких волн устраиваются так называемые тэсты, т. е. опытные переклички-соревнования на наибольшее количество двухсторонних связей и наилучшую работу на определенных волнах и в определенное время суток. Для того, чтобы получить в тэсте премию нужно хорошо знать прием и передачу на слух и иметь навык в работе по связи.

Работа по приему на коротких волнах тоже весьма интересна и ценна для любителя. Прием далеких телефонных радиовещательных и любительских станций, совершенствование своего приемника и экспериментирование с ним, регулярные наблюдения за распространением коротких волн, за работой различных экспедиций, участие в тэстах—все это повышает квалификацию радиолюбителя коротковолновика и делает его специалистом по приему коротких волн и хорошим радистом.

Наличие коллективных радиостанций дает возможность новым кадрам коротковолновиков получить практику работы на передатчике.

Интересной традицией коротковолновиков является посылка так называемых *QSL* карточек (квитанций), подтверждающих двухстороннюю связь или прием станции, или посылаемых в ответ на полученную карточку. К этим квитанциям часто прилагаются фотографии установок и самих любителей. Таким образом коротковолновик получает обычно *QSL* со всего мира. В них указываются технические данные станции, посылающей карточку, ее адрес, сведения о слышимости и другие сообщения. Поэтому *QSL* представляют интереснейший материал и, наряду с записями в аппаратном журнале дают ценные сведения о прохождении коротких волн и об аппаратуре любительских станций.

СССР является единственной страной, где доступ к радиолюбительству, к коротким волнам открыт всем трудящимся. Задачей всех секций коротких волн, всех коротковолновиков, всех радиолюбителей является создание такой же мощной армии коротковолнового любительства, как армия наших славных парашютистов, планеристов, ворошиловских стрелков.

Глава II

РАСПРОСТРАНЕНИЕ КОРОТКИХ ВОЛН

Диапазоном коротких волн до последнего времени принято было считать диапазон электромагнитных волн длиною от 10 *м* до 200 *м*.

Однако общесоюзным стандартом (ОСТ), согласно принятого в международных радиосообщениях разделения, название коротких волн установлено для диапазона волн от 10 *м* до 50 *м*, волны же длиною от 50 *м* до 200 *м* названы промежуточными

волнами. Практически все же удобно рассматривать оба эти диапазона вместе, поэтому в дальнейшем мы будем под термином короткие волны подразумевать, где это не оговорено особо, весь диапазон волн от 10 *м* до 200 *м*. В этом широком диапазоне волн любителям предоставлены для работы следующие диапазоны:

1) 10-метровый—волны от 10 до 10,71 *м* (от 30 до 28 *мгц*)
2) 20-метровый—волны от 20,83 до 21,43 *м* (от 14,4 до 14 „
3) 40-метровый—волны от 41,1 до 42,9 *м* (от 7,3 до 7 „
4) 80-метровый—волны от 75 до 85,7 *м* (от 4 до 3,5 „*
5) 160-метровый—волны от 150 до 175 *м* (от 2 до 1,715 „*

Все эти диапазоны по своим особенностям распространения резко отличаются друг от друга.

1. Особенности распространения коротких волн

Дальность действия

Большая дальность действия является основной положительной особенностью коротких волн, послужившей толчком к столь широкому развитию коротковолновых связей. Короткие волны перекрывают любые расстояния на земном шаре. Регулярная связь с антиподами возможна на коротких волнах при мощностях в несколько киловатт. А нерегулярные двухсторонние связи на такие расстояния устанавливаются при мощностях в несколько десятков ватт. При благоприятных условиях короткие волны могут даже обойти кругом земного шара (явление „радио-эхо“).

Непостоянство силы приема

Неприятной особенностью коротких волн является непостоянство силы слышимости сигналов на приемном пункте. Невозможно держать круглосуточную регулярную дальнюю связь на одной волне, так как в разное время суток и в разное время года сила приема будет различна. Иногда прием может даже совершенно отсутствовать. Для регулярной связи на коротких волнах приходится в течение суток менять волны—работать на волнах разной длины, летом работать на одних волнах, зимой—на других и т. д.

Непостоянство связи выражается также в наличии зон молчания (мертвых зон) и замираний или фэдингов.

Зоной молчания или мертвой зоной называют область вокруг передающей станции, в которой наблюдается ослабленный

---

* Эти диапазоны—международные. У нас в СССР последние два диапазона иные, а именно: 84÷85,7 *м* и 165÷175 *м*.

прием или отсутствие приема данной радиостанции. Вне пределов этой области—ближе к передающей радиостанции и дальше от нее, наблюдается нормальный сильный прием. Обычно зона молчания представляет собою более или менее широкое кольцо на земной поверхности (рис. 1), внутренний радиус которого, т. е. расстояние от передатчика до начала мертвой зоны, сравнительно невелик (порядка нескольких километров или десятков километров). Наружный радиус или расстояние, с которого снова начинается слышимость, зависит от длины волны, времени суток и времени года. Чем короче волна, тем шире зона молчания. Кроме того зимой она шире, чем летом, и ночью шире, чем днем.

Границы зоны молчания передвигаются, и часто бывает, что налаженная связь вдруг обрывается, так как один из передатчиков попадает в зону молчания.

Рис. 1. Расположение зоны молчания вокруг коротковолнового передатчика

Не мало неприятностей при приеме коротких волн доставляют также замирания сигналов. Замирание на коротких волнах сильно отличается от замираний, наблюдаемых на более длинных волнах. На волнах длиною порядка тысяч метров замираний вообще не бывает, за исключением того, что прием днем становится слабее, а к ночи он усиливается. У волн длиною в сотни метров замирание бывает не часто, но зато продолжается сравнительно долго: несколько десятков секунд и даже несколько минут, в течение которых сила приема ослабляется настолько, что сводит прием почти до нуля. Такого рода замирание наблюдается также на коротких волнах, но кроме него наблюдаются более частые кратковременные замирания с менее глубоким уменьшением слышимости. Такие замирания приема длительностью всего в несколько секунд, а иногда даже доли секунд влияют особенно на прием радиотелефонии, сильно его искажая.

Влияние местности

Короткие волны в отличие от длинных плохо огибают различные крупные препятствия, как, например, горы, возвышенности. Около таких препятствий образуются небольшие мертвые зоны, в которых прием очень слаб или совсем отсутствует. Это явление затрудняет связь на коротких волнах в горах на близких расстояниях.

Перечисленные явления, а также ряд других особенностей коротких волн обусловлены характером распространения этих волн.

2. Строение атмосферы и ее ионизированные слои

Распространение коротких волн в земной атмосфере сильно отличается от распространения длинных волн. Учеными Кеннели и Хевисайдом было высказано предположение (правильность которого впоследствии была подтверждена экспериментами), что на некоторой высоте над землей в атмосфере имеются проводящие электричество слои воздуха, отражающие короткие радиоволны обратно на землю, благодаря чему достигается большая дальность их действия и имеются зоны молчания.

Земная атмосфера представляет собою слой воздуха, окружающий земной шар. Воздух состоит в основном из азота и кислорода. Кроме них имеются в воздухе углекислота, водород, незначительные примеси так называемых „благородных" или инертных газов —гелий, аргон, неон и др. Плотность и давление воздуха с высотой уменьшаются. Таким образом земная атмосфера, постепенно разрежаясь с высотой, плавно переходит в безвоздушное пространство.

Воздух около поверхности земли считается хорошим диэлектриком. Однако, при сильном нагревании или под сильным действием солнечного света воздух становится проводником электричества. Это объясняется ионизацией, т. е. расщеплением молекул воздуха на положительные и отрицательные ионы и свободные электроны. Особенно сильно ионизации подвергаются разреженные газы.

Главнейшей причиной ионизации воздуха являются солнечные лучи, вернее ультрафиолетовая часть солнечного спектра. Лучи этой части спектра оказывают наиболее интенсивное ионизирующее действие. Значительную роль в ионизации играют так называемые космические лучи, представляющие электромагнитные волны с весьма короткой длиной волны. Происхождение этих лучей до сих пор не выяснено, но установлено, что они приходят на землю со всех сторон, очевидно от каких-то весьма удаленных миров нашей вселенной.

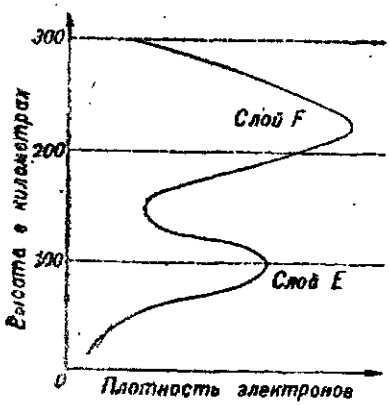


Рис. 2. Высота и плотность двух слоев Хевисайда-Кеннели

Исследования последних лет показали, что в атмосфере имеются два ионизированных слоя — два слоя Хевисайда-Кеннели. Нижний слой, называемый слоем *E*,—на высоте около 100 *км* (рис. 2) и верхний слой *F*—на высоте примерно 220 *км*. На рис. 2 по горизонтальной оси отложено число свободных электронов в 1 *куб. см* (плотность или концентрация

электронов), характеризующее степень ионизации, а следовательно и проводимость воздуха. Высота слоев E и F не остается постоянной, а меняется вследствие изменений освещенности земли солнцем. Днем, благодаря максимуму солнечного освещения, ионизированные слои находятся ниже, а ночью, когда ионизирующее действие солнца прекращается, слои поднимаются выше. Имеются даже основания предполагать, что ночью слой E совсем исчезает и остается лишь слой F, располагающийся уже на высоте выше 220 *км*. Расположение ионизированных слоев вокруг земного шара примерно соответствует рис. 3 (на этом рисунке масштаб не соблюден).

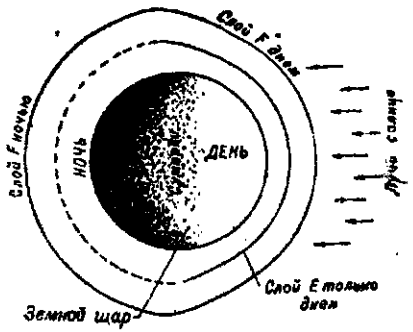


Рис. 3. Расположение ионизированных слоев атмосферы вокруг земного шара

Высота ионизированных слоев не остается одинаковой в различные времена года. В течение суток и года вследствие изменения ионизирующего действия солнечных лучей меняется не только высота слоев E и F, но и их проводимость.

В таблице 1 указаны четыре наиболее характерных состояния ионизированных слоев.

Таблица 1

Время	Ионизация и проводимость		Высота в *км*	
	Слой E	Слой F	Слой E	Слой F
Летом днем	Максимум	Максимум	80 ÷ 100	200 ÷ 220
Летом ночью	Нуль	Минимум	—	300 ÷ 350
Зимой днем	Средняя	Средняя	120 ÷ 150	280 ÷ 300
Зимой ночью	Нуль	Минимум	—	400 ÷ 500

Высоты в этой таблице указаны приближенные для слоев максимальной ионизации.

В ионизированных слоях происходят следовательно постоянные изменения высоты, проводимости и толщины. Подобное непостоянство вызывает изменение слышимости, движение границ зон молчания и часто приводит к полному срыву связи.

3. Пути распространения коротких волн

Любая передающая антенна излучает две группы волн. Одни, излучаемые горизонтально и распространяющиеся вдоль земной

поверхности в нижних слоях атмосферы, называются поверхностными волнами. Другие, излучаемые наклонно под различными углами к поверхности земли, называются пространственными волнами. Дальность действия радиостанции, работающей на длинной волне, всецело определяется распространением постепенно затухающей поверхностной волны, энергия которой сильно поглощается землей. Поэтому на длинных волнах приходится применять высокие антенны и большие мощности передающих станций. При работе на коротких волнах главную роль играют не поверхностные, а пространственные волны. Иногда большая часть мощности излучается в виде узкого пучка волн под некоторым углом к земной поверхности (рис. 4), зависящим от конструкции антенны и длины волн. Поверхностная волна в силу своей малой мощности, а также вследствие больших потерь в тонком — в несколько метров — поверхностном слое земли затухает недалеко от передатчика, на расстоянии в несколько десятков километров. Следовательно, уже сравнительно близко от передатчика поле поверхностной волны становится незаметным и начинается зона молчания. Чем короче волна и чем меньше мощность, тем ближе начало этой зоны.

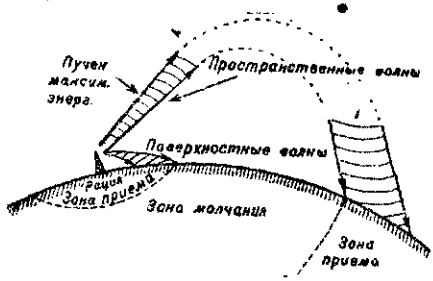


Рис. 4. Излучение коротких волн

Пространственные волны не отражаются от слоя Хевисайда-Кеннели, как от зеркальной поверхности, так как ионизированные слои не имеют резких границ. Пространственные волны преломляются в ионизированном слое. Это преломление или, как говорят, ионная рефракция радиоволн точно объясняет возвращение коротких волн обратно на землю.

При распространении электромагнитных волн в какой-либо неоднородной среде могут наблюдаться явления отражения, преломления и поглощения. Отражение бывает при падении волны на резкую границу двух сред, в особенности, если отражающая среда является хорошим проводником. Вместе с отражением на поверхности раздела происходит более или менее значительное поглощение энергии волны. Преломление наблюдается при переходе волны из среды с одной диэлектрической постоянной в среду с другими диэлектрическими свойствами. При прохождении волны через диэлектрик также получаются потери (поглощение энергии).

Воздух в нижних своих слоях является довольно хорошим диэлектриком, а в верхних же слоях благодаря ионизации он становится полупроводником. Проводимость и диэлектрическая постоянная меняются с высотой, причем если проводимость увеличивается, то диэлектрическая постоянная уменьшается и нао-

борот. Вследствие этого пространственная волна в атмосфере претерпевает, главным образом, поглощение и преломление.

Преломление электромагнитных волн происходит по следующим законам. Если волна переходит из слоя *1* с диэлектрической постоянной ε_1 в слой *2* с меньшей диэлектрической постоянной ε_2 (рис. 5), то она отклоняется от перпендикуляра, восста-

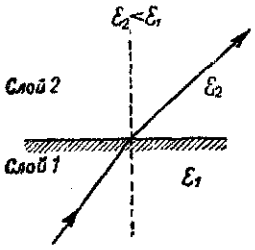


Рис. 5. Преломление электромагнитной волны

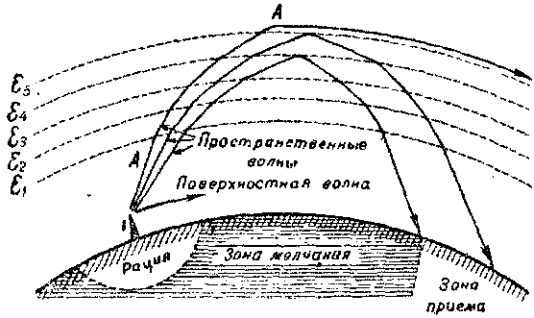


Рис. 6. Преломление пространственных волн

новленного к границе раздела двух слоев. При обратном переходе волна наоборот приближается к перпендикуляру. Применяя этот закон к распространению волн в атмосфере, которую можно представить состоящей из ряда слоев с различной диэлектрической постоянной, мы получим путь волны, изображенный на рис. 6. Пространственный луч, попадая в нижний ионизированный слой, испытывает в нем преломление и несколько загибает к земле. В следующем слое он снова преломляется и еще больше отклоняется вниз. Дальше, входя в слои с все меньшей и меньшей диэлектрической постоянной, луч отклоняется все сильнее и сильнее и наконец испытывает в некотором слое так называемое полное внутреннее отражение, после чего он путем последовательных преломлений возвращается обратно на землю.

На рис. 7 дано объяснение полного внутреннего отражения. Существует некоторый предельный угол падения луча, отделяющий преломление от отражения. Если луч падает на границу раздела под углом меньше предельного (*1*), то имеет место преломление, если угол падения равен предельному углу (*2*), то луч будет скользить по поверхности раздела, и наконец в случае угла падения больше предельного (*3*) наступает полное внутреннее отражение. Случай (*2*) иногда наблюдается в слое Хевисайда-Кеннели. И тогда волна распространяется, скользя по границе между двумя слоями и огибая землю на весьма большое расстояние, пока не встре-

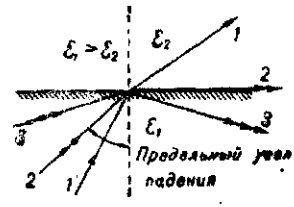


Рис. 7. Полное внутреннее отражение

тит слой с другой диэлектрической постоянной и не повернет к поверхности земли. Такая волна показана на рис 6 буквой *А*. Рис. 6 объясняет однако только грубо действительный ход лучей в атмосфере. На самом деле границы между слоями различной ионизации не существуют, а имеется плавный непрерывный переход от одного слоя к другому.

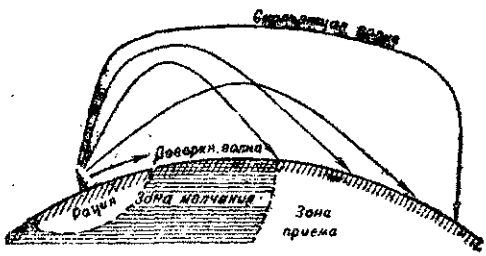


Рис. 8. Пути коротких волн в атмосфере

Поэтому путь пространственной волны в атмосфере представляет не ломаную линию, а плавную кривую (рис. 8).

4. Ширина зон молчания и дальность действия

Ширина зоны молчания и дальность действия радиоволн зависят от длины волны и времени суток и года. Чем короче волна, т. е. чем выше частота, тем слабее преломляются волны и тем дальше от передатчика они возвращаются на землю. Следовательно зона молчания получается больше. Наоборот, по мере удлинения волны преломление усиливается и волна возвращается на землю все ближе и ближе к передатчику и зона молчания становится меньше. При некоторой длине волны пространственные лучи возвращаются на землю уже в те места, куда доходит и поверхностная волна и тогда зона молчания совсем исчезает. Большое значение для ширины зоны молчания имеет наличие двух слоев *Е* и *F*, а также различная степень ионизации в них. Так как слой *Е* ионизирован значительно слабее слоя *F*, то волны короче 50 *м* преломляются в слое *Е* недостаточно и проходят его насквозь. Возвращение на землю для этих волн возможно только после преломления в слое *F*. Волны же длиннее 50 *м* преломляются сильнее и поэтому ионизация слоя *Е* оказывается достаточной для возврата этих волн на землю. Отсюда ясно, что на волнах короче 50 *м* зона молчания получается значительно больше, так как эти волны повертываются вниз в более высоком слое (рис. 9). Но и при наличии одного только слоя *F*, когда слой *Е* отсутствует (ночью), более короткие волны, преломляясь слабее, дадут более широкую зону молчания (рис. 10).

Однако некоторые лучи даже от слоя наибольшей ионизации отклоняются не в сторону земли, а в другую сторону (рис. 11— лучи *А*). Очевидно, что такие волны пройдут слой Хевисайда-Кеннели и уйдут в межпланетное пространство. Такие волны для связи очевидно не пригодны. В некоторых случаях волна будет скользить по слою наибольшей ионизации и, пройдя большое

расстояние, повернет, вследствие изменения ионизации на пути, в ту или другую сторону. Тогда она или возвратится на землю, или уйдет за пределы атмосферы (рис. 11—лучи *Б* и *В*).

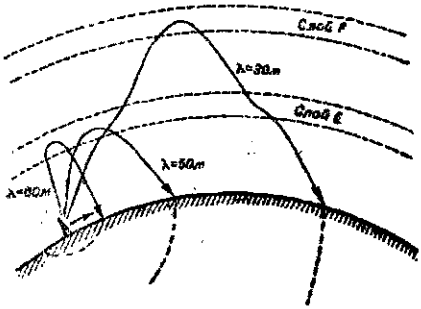


Рис. 9. Пути различных по длине волн (днем)

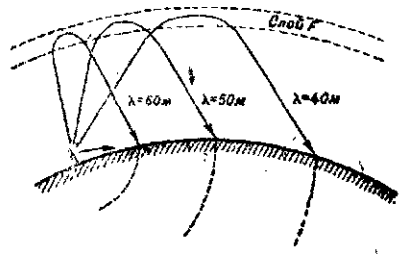


Рис. 10. Пути различных волн ночью

На землю возвращаются лишь волны, излученные под сравнительно небольшим углом к земной поверхности. Чем меньше степень ионизации и чем короче волна, тем меньше должен быть угол излучения, т. е. угол между направлением волны и земной поверхностью, для того чтобы волна возвратилась на землю. Но от уменьшения угла излучения увеличивается зона молчания, так как волна проходит большее расстояние от передатчика до слоя Хевисайда-Кеннели и обратно на землю.

Для каждой длины волны существует некоторый предельный угол излучения, называемый **критическим углом**.

При углах излучения меньше критического волны возвращаются на землю, а при углах больше критического они покидают землю *. При излучении под критическим углом обычно получается „скользящая волна". С переходом от дня к ночи и с укорочением волны критический угол уменьшается. Значения этого угла для некоторых волн даны в таблице 2 и на рис. 12.

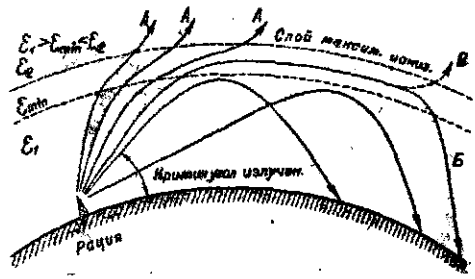


Рис. 11. Значение слоя наибольшей ионизации

* Существование так называемого „длительного радио-эхо"—явление, при котором переданный сигнал повторяется через несколько секунд после первого приема, заставляет предполагать, что на большом расстоянии от земли имеются еще какие-то проводящие пространства, которые путем преломления или отражения возвращают такие волны обратно на землю.

Из таблицы 2 видно, что днем самой короткой волной, пригодной для связи на дальние расстояния, будет волна 8÷10 *м*, а ночью 15÷20 *м*. На практике возможны конечно некоторые отклонения от этих цифр. Но размеры зоны молчания зависят не только от длины волны, но и от высоты слоя Хевисайда-Кеннели. Когда слой поднимается выше (зима, ночь) пространственная волна возвращается на землю дальше от передатчика и зона молчания увеличивается (рис. 13). Этому содействует также уменьшение критического угла вследствие более слабой ионизации слоя зимой и ночью. Понижение ионизированного слоя (летом, днем) вызывает наоборот уменьшение зоны молчания и даже полное ее уничтожение для более длинных волн.

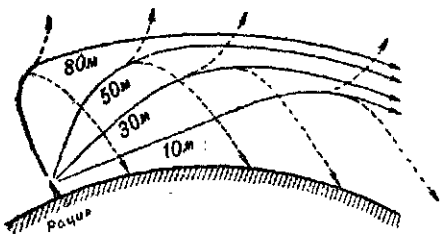


Рис. 12. Критические углы различных волн (днем)

Таблица 2

Длина волны в *м*		8	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100
Критический угол	Днем	0°	3°	8°	13°	22°	32°	43°	56°	80°	85°	88°
	Ночью	0°	0°	0°	5°	10°	17°	25°	40°	60°	80°	85°

Пространственная волна достигает очень далеких мест, даже антиподов. Связь на такие наибольшие на земле расстояния осуществляется либо „скользящими" волнами, либо путем многократного отражения волн от земной поверхности и слоя Хевисайда-Кеннели (рис. 14).

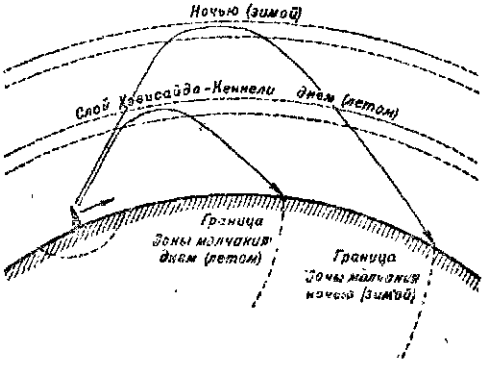


Рис. 13. Величина зоны молчания днем и ночью или летом и зимой

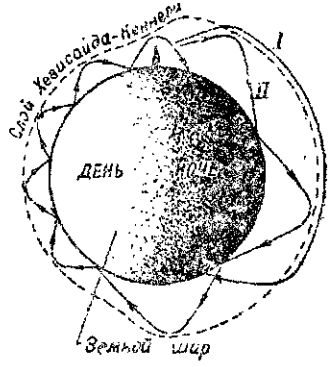


Рис. 14. Два пути волн при дальней связи

Распространение радиоволн зависит также от деятельности солнца, от числа солнечных пятен. Во время максимума солнечных пятен наблюдается хорошее распространение особенно коротких волн, уменьшение зон молчания и критических углов излучения. Так например в 1928 г. хорошо проходили на далекое расстояние даже волны 10-метрового диапазона. Наоборот, минимум пятен на солнце (в 1933—34 гг.) сопровождался плохими условиями распространения, большими зонами молчания. Волны в 10 *м* в этот период совсем не проходили, а ночью не проходили даже волны длиною в 20 *м*.

5. Замирание

Различают два вида замираний интерференционное и поляризационное. Кроме того, замирание может быть общим или групповым, захватывающим некоторый диапазон, и селективным или избирательным, наблюдаемым только на отдельных волнах.

Явление интерференции состоит в том, что до антенны приемной станции доходят одновременно волны одного и того же передатчика, идущие разными путями в атмосфере (рис. 15). Длина этих путей различна и поэтому в месте приема между волнами получается некоторая разность фаз. Если волны пришли в одинаковой фазе, то получится усиление приема, если же фазы неодинаковые или фазы противоположны, то получается ослабление слышимости или даже полное пропадание ее. Так как изменения в ионизированных слоях атмосферы вызывают непрерывную перемену путей волн и колебание их фаз в приемном пункте, получается непрерывное колебание силы приема.

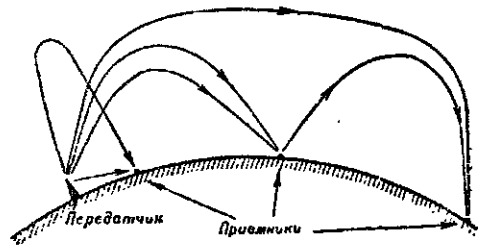


Рис. 15. Причины интерференционного замирания

Часто замирание сильно проявляется в месте, где одновременно принимается и поверхностная и пространственная волна.

Поляризационное замирание, проявляющееся главным образом в искажении приема, вызвано воздействием магнитного поля земли на пространственную волну при прохождении ее через ионизированный слой.

Интерференционное замирание можно устранить путем приема на 2 или 3 антенны, расположенные на расстоянии 150—300 *м* друг от друга, так как это замирание не проявляется одновременно в двух точках, расположенных друг от друга на расстоянии нескольких длин волн.

От каждой антенны идут специальные фидеры к сдвоенному или строенному приемнику, имеющему общее усиление низкой частоты, но отдельные каскады высокой частоты и детекторы для каждой антенны. Такое устройство наиболее эффективно и применяется во всех современных профессиональных приемных установках. Для уничтожения поляризационного замирания применяют также 2 антенны: горизонтальную и вертикальную с двумя отдельными по высокой частоте приемными устройствами.

Наконец, применяют еще для борьбы с замиранием автоматические регуляторы слышимости (АРС) или автоматические ограничители силы приема. Все эти устройства однако любителями не применяются.

6. Расчет коротковолновой связи

Сложность процесса распространения коротких волн не позволяет простыми способами определять более или менее точно необходимые для связи длины волн и получаемые с данными волнами дальности действия, зоны молчания и т. д. Для ориентировочных расчетов, дающих вполне удовлетворительные для любительской практики результаты, можно пользоваться таблицами и графиками, составленными на основании большого числа опытов и наблюдений за прохождением коротких волн. Хотя при этих опытах и применялись мощности в сотни ватт и даже несколько киловатт, но так как увеличение мощности на коротких волнах важно главным образом для устойчивой и длительной связи, то результаты этих наблюдений вполне пригодны и для любительских связей, устанавливаемых с мощностями даже в несколько ватт.

На рис. 16 дан график ширины зоны молчания в разное время года, составленный английским ученым Эккерслеем. Кривая *1* показывает ширину зоны молчания в летний полдень, кривая *2* — в летнее утро или летний день ближе к вечеру, а также зимний день, *3* — в сумерки летом и в зимнее утро или зимний день ближе к вечеру; *4* — в летний вечер или зимние сумерки; *5* — в летнюю ночь и зимний вечер и *6* — в зимнюю глубокую ночь.

Под шириною зоны молчания в графике понимается ее внешний радиус, т. е. расстояние от передатчика до дальней границы зоны молчания; зона слышимости земной волны не принимается во внимание, так как она очень невелика.

Размеры зон молчания приведены также в таблице 3, где даны пределы, в которых меняется внешний радиус зоны молчания в разные часы и месяцы. Поэтому в графе „летом—днем" меньшие цифры соответствуют полдню и летним месяцам, а большие цифры—утру или дню перед вечером и осенним или весенним месяцам. В графе „летом—ночью" меньшие цифры дают ширину

зоны молчания в начале или конце ночи в разгар лета, а большие цифры—в середине ночи весною и зимою. В графе „зимой—днем"

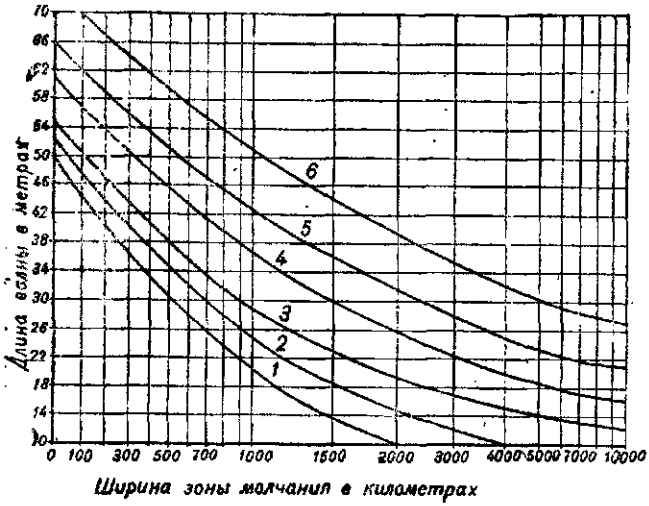


Рис. 16. График ширины зон молчания

первая цифра означает полдень весною и осенью*, а вторая цифра—зимнее утро или день перед вечером. Наконец в послед-

Таблица 3

Длина волны в *м*	Частота в *кгц*	Ширина зоны молчания в *км*			
		Летом		Зимой	
		Днем	Ночью	Днем	Ночью
100	3000	0	0	0	0
80	3750	0	0	0	0
70	4300	0	0	0	0 ÷ 100
60	5000	0	0 ÷ 50	0	200 ÷ 500
50	6000	0	100 ÷ 500	0 ÷ 100	600 ÷ 1100
40	7500	0 ÷ 250	450 ÷ 1200	150 ÷ 400	1200 ÷ 2000
30	10000	250 ÷ 500	900 ÷ 2300	500 ÷ 1000	2500 ÷ 5000
20	15000	600 ÷ 1100	1800 ÷ 10000	1500 ÷ 2500	—
15	20000	1200 ÷ 1500	—	2000 ÷ 6000	—
10	30000	1800 ÷ 2000	—	4000 и больше	—

* В графах зимы, кроме зимних месяцев, входят месяцы конца осени и начала весны, а в графы лета, наоборот, месяцы конца весны и начала осени.

ней графе первая цифра дана для начала и конца ночи осенью и весною, а вторая—для середины зимней ночи. Цифра 0 означает отсутствие мертвой зоны, а тире показывает, что данная волна в это время не возвращается вообще на землю и для связи непригодна.

Для определения дальности связи особенно удобны таблица 4 и графики наивыгоднейших волн для различных расстояний (рис. 17 и 18).

Таблица 4

Длина волны в *м*	Частота в *кгц*	Наивыгоднейшие расстояния для связи в *км*			
		Летом		Зимой	
		Днем	Ночью	Днем	Ночью
10	30000	2500 и дальше	—	15000 и дальше	—
13,6	22000	2000 „	—	10000 „	—
15	20000	1800 „	—	6000 „	—
17,6	17000	1500 ÷ 6000	15000 и дальше	2500 ÷ 8000	—
20	15000	1200 ÷ 4500	10000 „	2000 ÷ 7500	—
23	13000	900 ÷ 3000	3000 ÷ 6000	1500 ÷ 5000	15000 и дальше
30	10000	700 ÷ 2000	2500 ÷ 5200	1000 ÷ 3000	6000 ÷ 10000
37,5	8000	400 ÷ 1500	1500 ÷ 4500	500 ÷ 2000	3000 ÷ 7000
43	7000	150 ÷ 900	1000 ÷ 3000	250 ÷ 1500	2000 ÷ 6000
50	6000	0 ÷ 600	500 ÷ 1500	100 ÷ 1000	1000 ÷ 4500
60	5000	0 ÷ 500	50 ÷ 1300	0 ÷ 800	500 ÷ 4000
70	4300	0 ÷ 400	0 ÷ 1100	0 ÷ 600	100 ÷ 3500
80	3750	0 ÷ 300	0 ÷ 1000	0 ÷ 500	0 ÷ 3000
100	3000	0 ÷ 200	0 ÷ 800	0 ÷ 350	0 ÷ 1500
130	2375	0 ÷ 100	0 ÷ 600	0 ÷ 180	0 ÷ 1000
160	1875	0 ÷ 40	0 ÷ 450	0 ÷ 100	0 ÷ 700

В таблице 4 наименование граф соответствует таковому в таблице 3. Тире в таблице означает полную непригодность волны для связи в указанное время.

На основании долголетних наблюдений и многочисленного материала бюро стандартов США составило графики распространения радиоволн. Рисунки 17 и 18 представляют часть этих графиков для диапазона волн от 10 до 200 *м*. Один график составлен для ночи, другой для дня, причем на графиках имеются различные зоны: *1*—надежный прием круглый год, *2*—надежный прием только летом, *3*—надежный прием только зимою, *4*—ненадежный прием и *5*—случайный прием.

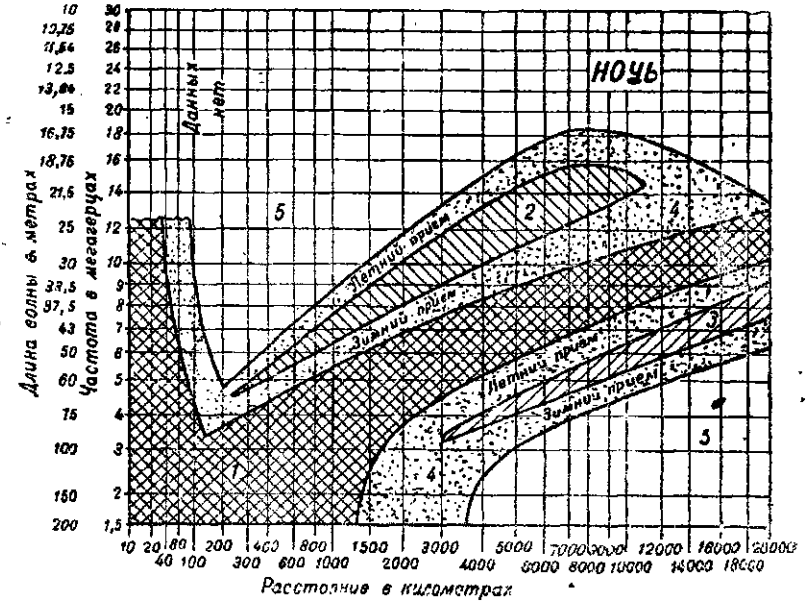


Рис. 17. График дальности связи ночью

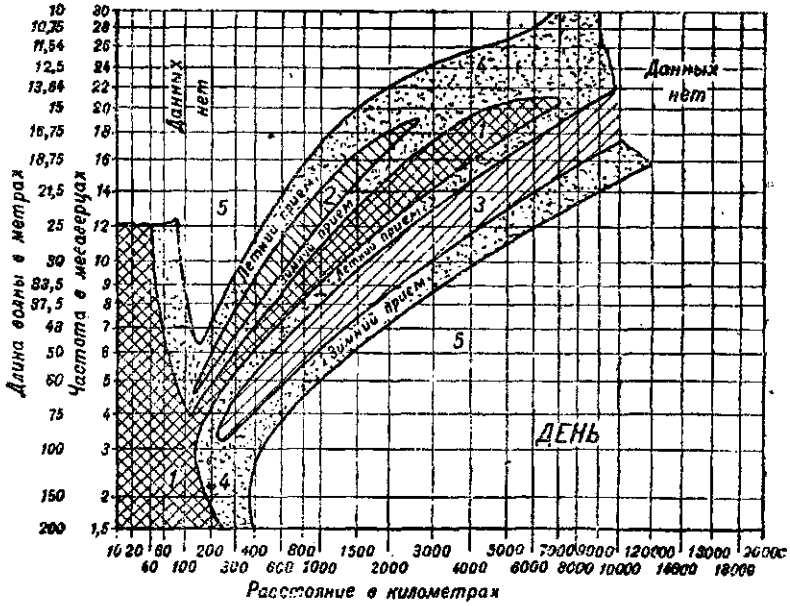


Рис. 18. График дальности связи днем

Графики относятся к тем случаям, когда на всем протяжении от передатчика до приемника либо ночь, либо день. Во всех остальных случаях неравномерной освещенности пути волн надо брать средние данные из обоих графиков, но они будут весьма неточны. Границы между отдельными зонами в действительности не являются такими резкими, как они показаны на графике.

Для наглядности мы приведем несколько примеров определения дальности связи на коротких волнах с помощью этих графиков.

Пример 1. Определить, как распространяется волна в 43 *м* (частота 7000 *кгц*)?

Получаем такие результаты.

1) Днем. Уверенная связь поверхностной волной круглый год на 55 *км*, неуверенная связь на 120 *км*. В пределах 120÷200 *км* имеется зона молчания, в которой возможен лишь случайный прием. Затем идет область неуверенного летнего приема на 200÷250 *км*, летней уверенной связи на 250÷340 *км* и зимней неуверенной связи 340÷400 *км*. Далее идет уверенная связь круглый год на 400÷520 *км*, затем летний неуверенный прием на 520÷720 *км*, зимний уверенный прием на 720÷1300 *км* и, наконец, зимний неуверенный прием на 1300÷1900 *км*. После этого идет уже область случайного приема.

2) Ночью. Поверхностная волна дает круглый год уверенный прием на 55 *км*, неуверенный на 130 *км*. Зона молчания от 130 до 550 *км*. Летняя ненадежная связь на 500÷800 *км*, надежная на 800÷1400 *км*. Зимний неуверенный прием на 1400÷2200 *км*. Уверенная связь круглый год на 2200÷7000 *км*. Ненадежная летняя связь на 7000÷11500 *км* и наконец зимняя уверенная связь на 11500÷17000 *км*.

Пример 2. Какими волнами и когда можно перекрыть расстояние в 20000 *км*?

Днем задача невыполнима—возможна лишь случайная связь. Ночью уверенная связь круглый год может итти на волнах 23÷28 *м*; кроме того зимою на волнах 33,5 *м*÷40 *м* можно тоже иметь надежную связь.

Неуверенная связь ночью возможна также зимою на волнах 40÷48 *м*; и летом на волнах 22÷23 *м* и 28÷33,5 *м*.

Пример 3. Какие диапазоны пригодны для связи на расстоянии в 1 500 *км*?

Днем. Волны от 200 *м* до 49 *м* непригодны. Неуверенный зимний прием дают волны от 49 *м* до 40 *м*. Надежная зимняя связь получается на волнах 40÷31,5 *м*. Летняя неуверенная связь на 31,5÷28 *м*. Надежная круглосуточная связь на 28÷23 *м*. Волны длиною от 23 *м* до 20,5 *м* дают ненадежную зимнюю связь; от 20,5 до 18 *м* дают уверенную летнюю связь и наконец от 18 до 15 *м*—неуверенную летнюю связь.

Ночью. Волны длиной от 200 *м* до 120 *м* дают неуверенный прием; от 120 *м* до 50 *м*—надежную связь круглый год; от 50 *м*

до 42 *м*—неуверенную зимнюю связь; от 42 *м* до 34 *м*—надежную летнюю связь; от 34 *м* до 29 *м*—ненадежную летнюю связь. На остальных частотах возможна лишь случайная связь.

Графики Бюро стандартов составлены для мощности передатчика в 5 *квт* и для большой напряженности поля, нужной для коммерческой связи. Любительский слуховой прием может производиться при значительно более слабых сигналах, поэтому данные графиков пригодны и для ориентировочных определений любительских связей. Лишь на дальних расстояниях придется учесть большую неуверенность и случайность любительской связи.

7. Особенности любительских диапазонов *

Диапазон 160-метровый

Применяется исключительно для связи на сравнительно близкие расстояния и главным образом ночью (иногда ночью удается связь даже на 2000÷3000 *км*). Днем в этом диапазоне можно работать на расстояниях не более 200÷300 *км*. Любители европейских стран в этом диапазоне почти не работают. Зато в США любители широко используют этот диапазон для связи на близкие расстояния и для работы телефоном.

Диапазон 80-метровый

Этот диапазон пригоден уже для больших расстояний, чем предыдущий, но все же его не применяют для дальней связи. Как правило, днем на волнах этого диапазона можно работать не дальше, чем на 400÷500 *км*, а ночью до 3000÷4000 *км*.

Зоны молчания 80-метровый диапазон, как и 160-метровый, не имеет, но в годы минимума солнечных пятен (1933—34 гг.), когда этот диапазон по свойствам распространения приближается к 40-метровому, наблюдались иногда зоны молчания на расстояниях до 600 *км*. Наши любители на 80 *м* работают только во время опытных перекличек, а из европейских стран у нас слышны ближние к нам страны: Швеция, Норвегия, Чехословакия и др. Ночью слышны Англия, Бельгия. Однако, европейских станций в этом диапазоне работает мало, но в США он широко используется для связи внутри страны и для телефонии.

Диапазон 40-метровый

Это излюбленный коротковолновиками диапазон, в котором возможны как близкие связи, так и дальние, даже с антиподами. Диапазон в 40 *м* наиболее густо заселен любительскими станция-

---

* Применительно к европейской части Союза.

ми и обычно в вечернее время в нем почти невозможно работать из-за переуплотнения. Пробиваются и ведут связи лишь более мощные станции, а более слабые испытывают сильные помехи. В США в этом диапазоне из-за тесноты запрещена работа телефоном, но в Европе в нем работает много телефонистов, которые совершенно „забивают" эфир. Днем на 40 *м* обычно нет зоны молчания и поэтому можно хорошо работать на близких и средних расстояниях примерно до 4000÷5000 *км*. Лишь зимой иногда наблюдается зона молчания, а в годы минимума солнечных пятен— и днем. Работа днем на 40 *м* ведется главным образом в пределах европейской части СССР, иногда с Азией. Хорошо можно работать и с не очень удаленными странами Европы. Дальние связи днем на 40 *м* бывают довольно редко. Зато к вечеру перед заходом солнца обычно становятся слышными восточные страны (Индия, Зондские острова, Австралия и Новая Зеландия). После захода солнца 40-метровый диапазон начинает заполняться европейскими станциями. Ближе к полночи хорошо слышны Англия, Франция, а поздно ночью—США, Канада и острова в Атлантическом океане. Иногда, хотя и редко, на 40 *м* бывают слышны африканские любители. В последнее время связь с дальними странами на 40 *м* сильно затрудняется помехами от огромного количества европейских любителей. Иногда по утрам после восхода солнца, когда европейских станций мало в эфире, удается еще работать как с восточными, так и с западными дальними странами, но с наступлением дня они пропадают и возможна лишь связь на близких расстояниях.

Диапазон 20-метровый

Этот диапазон служит главным образом для связи на дальние расстояния. Днем на 20 *м* часто возможно держать связь и на близких расстояниях в пределах европейской части Союза—всего лишь на сотни километров, но одновременно слышны обычно и восточные дальние страны: Индия, Австралия, Зондские острова и др. В течение дня и вечером хорошо слышны европейские радиостанции. Позже, вечером и ночью появляется большое количество любительских станций США и Канады. Иногда впрочем ночью слышны лишь Европа и Африка. Ночью обычно принимаются восточные штаты США. К утру и после восхода солнца, наоборот, довольно регулярно можно слышать западные штаты США, а также Южную Америку. Бывают случаи, когда Южная Америка и Средняя Америка (Мексика, Панама) слышны и в середине или в начале ночи. В США принято работать телеграфом лишь на границах 20-метрового диапазона, а средняя его часть отведена для телефонии. Телефонные любительские станции США удается хорошо принимать по утрам, а Европы—вечером

и ночью. Для советских любителей 20-метровый диапазон наиболее удобен для связи с Сибирью и Дальним Востоком.

Диапазон 10-метровый

Наиболее капризный и менее всего изученный диапазон. Пригоден почти исключительно для дальней связи и только днем. Известны впрочем случаи связи на нем внутри Европы на сравнительно небольших расстояниях. В годы минимума солнечных пятен 10-метровый диапазон почти никогда не давал возможности связи, так как волны этой длины не возвращались на землю. В последние годы европейские любители, а особенно американцы регулярно работают на 10 *м*. Этот диапазон обладает, к сожалению, большим непостоянством: бывают дни, когда на нем связь невозможна, а на ряду с ними в другие дни слышны хорошо дальние страны. Возможно, что в годы максимума солнечных пятен (1938—40 гг.) в этом диапазоне будут особенно хорошие условия работы.

Глава III

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

1. Назначение и устройство электронных ламп

Электронные лампы являются приборами, играющими огромную роль во всей радиотехнике. Электронные лампы применяются для детектирования (выпрямления) электрических колебаний, для их усиления, а также для их генерирования. Кроме этих трех основных областей применения, электронные лампы широко используются в радиотехнике во всяких вспомогательных устройствах в качестве регуляторов напряжения или усиления, реле и т. п.

Электронные лампы представляют собой приборы, состоящие из двух или нескольких электродов, заключенных в герметически закрытый стеклянный или металлический баллон, из которого удален воздух.

2. Принцип работы электронной лампы

Работа электронной лампы основана на свойстве нагретых металлов излучать электроны.

Основной частью электронной лампы является металлическая нить, накаливаемая электрическим током и называемая катодом.

Для получения испарения электронов необходимо, чтобы нагреваемый проводник находился в вакууме. Все электроны, вылетающие с поверхности нагретой нити, создают так называемую эмиссию. Излученные катодом электроны направляются ко вто-

рому электроду электронной лампы—аноду—металлической пластинке, охватывающей катод и другие электроды лампы и заряженной обычно положительно по отношению к катоду, путем приложения к нему положительного напряжения анодной батареи (отрицательный полюс этой батареи присоединяется к нити) (рис. 19).

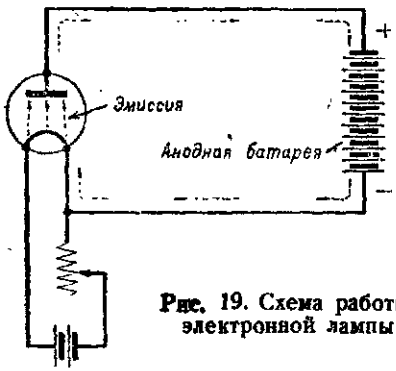


Рис. 19. Схема работы электронной лампы

Вылетевшие с катода и осевшие на аноде электроны создают внутри лампы электрический ток. Чем выше температура нити и чем больше ее поверхность, тем большее число электронов может от нее оторваться и тем больше будет эмиссия нити. Однако при нагревании нити до температуры плавления металла нить перегорит. Поэтому нить лампы нагревается строго определенным током, при увеличении которого нить быстро перегорает или теряет свои эмиссионные способности.

Экономичность работы лампы зависит от материала, из которого изготовлена ее нить и измеряется током эмиссии (в миллиамперах) на каждый ватт энергии, израсходованной на накал катода. Чем большая эмиссия приходится на 1 *вт* накала, тем лампа экономичнее, так как для получения одной и той же эмиссии расходуется меньшая энергия.

Катоды мощных ламп делаются из вольфрама. Они нагреваются до температуры свыше 2000° и дают небольшую эмиссию—от 2 до 6 *ма* на 1 *вт* энергии накала.

Примесь ряда веществ к вольфраму и покрытие поверхности нити тонким слоем этих веществ значительно увеличивает эмиссию и одновременно позволяет уменьшать рабочую температуру нити. Срок службы лампы при этом увеличивается. Нити, изготовленные таким образом, носят название активированных нитей и применяются в приемных и усилительных лампах.

Таблица 5 показывает насколько повышается эмиссионная способность вольфрамовой нити при ее активизации.

Активированные нити в большинстве своем очень чувствительны к перегреву, при котором они теряют свои эмиссионные способности.

Благодаря различной рабочей температуры степень накала различных нитей будет различна. Так, нити из чистого вольфрама имеют ярко белый накал; накал торированных нитей—желтого или светло-желтого цвета; оксидированные нити накалены до оранжево-красного или желтого цвета; бариевые нити светятся весьма слабо и, наконец, цезиевые нити почти не имеют заметного свечения.

Таблица 5

Материал нити	Рабочая температура *град*	Удельная эмиссия *ма/вт*	Срок службы в часах
Вольфрам	2100 ÷ 2300	2 ÷ 6	200 ÷ 1000
Торированный вольфрам	1400 ÷ 1550	30 ÷ 50	800 ÷ 1000
Карбонированный вольфрам	1600 ÷ 1700	40 ÷ 70	500 ÷ 700
Оксидный катод	600 ÷ 800	50 ÷ 100	1000 ÷ 1500
Бариевый катод	400 ÷ 600	70 ÷ 120	1400 ÷ 1700
Цезированный катод	350 ÷ 400	250 ÷ 300	

Для питания от переменного тока применяются катоды с косвенным подогревом. Такие катоды устроены следующим образом: накаляемая нить помещена внутри фарфорового цилиндрика диаметром в $1 \div 1^1/_2$ *мм*, покрытого с наружной стороны активным слоем (рис. 20). Переменный ток пропускается через нить, нить нагревается и нагревает в свою очередь фарфоровый цилиндрик. При нагревании цилиндрика нагревается и покрывающий его поверхность эмиссионный слой, который при этом начинает излучать электроны. Вследствие большой тепловой инерции фарфорового цилиндра, эмиссионная способность такого катода будет мало зависеть от кратковременных колебаний тока накала. Минус анодной батареи присоединяется в схемах с такими лампами уже не к нити накала, а к специальному контакту, соединенному с поверхностью оксидного слоя.

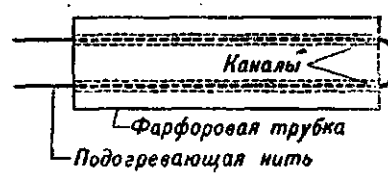


Рис. 20. Устройство катода с косвенным подогревом

3. Двухэлектродная лампа

Двухэлектродная лампа имеет два электрода—нить и анод, и носит название диода или кенотрона.

Анод изготовляется из листового никеля, тантала или молибдена и имеет форму цилиндра, овала или плоского четырехугольника, окружающего нить накала. Если анод лампы соединен с положительным полюсом батареи, а нить—с отрицательным, то между ними образуется электрическое поле, под действием которого электроны, вылетающие с нити, попадают на анод и благодаря э.д.с. анодной батареи перемещаются по внешней цепи от анода к нити. Таким образом в цепи анода образуется электрический ток, текущий вне лампы — от нити

к аноду (навстречу движению электронов), а внутри ее — от анода к нити.

При присоединении анода к отрицательному полюсу батареи, а нити—к положительному, ток в лампе прекращается, так как отрицательно заряженный анод оттолкнет от себя все вылетающие из катода электроны.

Если же к аноду будет приложено переменное напряжение, то через лампу ток будет проходить не все время, а лишь во время положительных полупериодов переменного тока на аноде и по анодной цепи будет протекать пульсирующий ток.

Это свойство лампы используется для выпрямления переменных токов.

Электроны, вылетевшие с нити, подвергаются притяжению к аноду благодаря действию электрического поля между положительно заряженным анодом и отрицательно заряженной нитью, и тормозящему действию облака электронов, заполняющего пространство между катодом и анодом.

Рис. 21. Характеристика диода

Число электронов, попадающих на анод, зависит от величины напряжения, приложенного между нитью и анодом. Чем больше будет это напряжение, тем большее число электронов притянется к аноду и тем меньшее число их задержится в пути и попадет обратно на нагретую поверхность нити. Если напряжение будет выбрано достаточно большим, то все без исключения электроны, вылетевшие с нити, притянутся анодом. Ток внутри лампы в этом случае будет наибольшим и мы будем иметь так называемый ток насыщения.

Зависимость анодного тока от напряжения изображается в виде кривых, называемых характеристиками.

Из характеристики диода (рис. 21) видно, что анодный ток его увеличивается с увеличением напряжения, но это увеличение может происходить только до некоторого определенного напряжения на аноде. При дальнейшем увеличении напряжения сила тока остается неизменной. Наступает ток насыщения.

4. Трехэлектродная лампа или триод

В трехэлектродной лампе кроме анода и нити имеется еще третий электрод—сетка, представляющая собой проволочную спираль или решетку, изолированную от анода и нити и расположенную между ними. Так как сетка находится ближе к катоду, чем анод, то изменения напряжения на сетке будут сильнее влиять на летящие с нити электроны, чем изменение анодного напряжения. Давая на сетку положительный или отрицательный по-

тенциал относительно нити, можно увеличивать или уменьшать число электронов, попадающих на анод, т. е. изменять ток в анодной цепи. При достаточно большом отрицательном напряжении на сетке все электроны, вылетающие с нити, будут отталкиваться сеткой, и анодный ток прекратится.

Наоборот, при достаточно больших положительных напряжениях на сетке, все электроны, излучаемые нитью, попадут на анод и на сетку и дальнейшее увеличение напряжения на сетке уже не увеличит силу тока эмиссии, т. е. наступит ток насыщения.

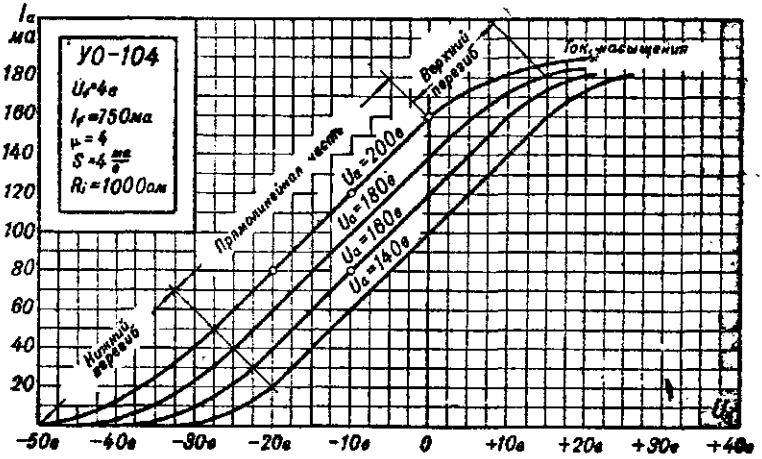


Рис. 22. Характеристика трехэлектродной лампы (зависимость тока анода I_a от напряжения на сетке U_g)

Зависимость между анодным током, анодным напряжением и напряжением на сетке изображается характеристиками трехэлектродной лампы.

Характеристики трехэлектродной лампы дают или зависимость анодного тока I_a от изменения напряжения на сетке U_g при постоянном анодном напряжении U_a (рис. 22) или зависимость анодного тока I_a от напряжения на аноде U_a при постоянном напряжении на сетке U_g (рис. 23).

Обычно снимают не одну, а группу или семейство характеристик—по одной для различных анодных или сеточных напряжений.

По мере увеличения анодного напряжения (рис. 22) или отрицательного сеточного напряжения (рис. 23), характеристики перемещаются в первом случае влево, а во втором—вправо.

Характеристику трехэлектродной лампы (рис. 22) можно разбить на три части: нижний перегиб, прямолинейная часть и верхний перегиб, после которого получается ток насыщения и даль-

нейшее увеличение сеточного напряжения уже не влечет за собой увеличения анодного тока.

При положительных напряжениях на сетке часть электронов, излучаемых катодом, попадает на сетку, а не на анод, вследствие чего в цепи сетка-нить начинает течь сеточный ток, который будет тем больше, чем меньше напряжение на аноде и чем больше напряжение на сетке.

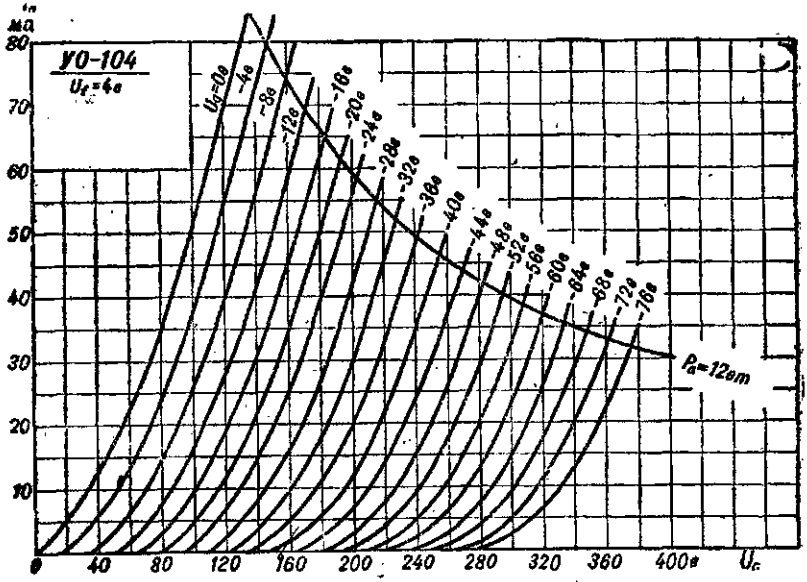


Рис. 23. Характеристика трехэлектродной лампы (зависимость тока анода I_a от анодного напряжения U_a)

Ток сетки играет большую роль при детектировании, а также и при работе лампы в качестве генератора и усилителя. Часто ток сетки является причиной искажений, вносимых в передачу.

Свойства трехэлектродной лампы характеризуются некоторыми постоянными величинами, которые носят название параметров. Параметрами триода являются: крутизна характеристики S, внутреннее сопротивление лампы R_i, коэфициент усиления μ и проницаемость D.

Крутизна характеристики S показывает на сколько миллиампер изменяется анодный ток при изменении напряжения на сетке на 1 *в* при некотором постоянном напряжении на аноде. S выражается в миллиамперах на вольт.

Внутренним сопротивлением R_i лампы называется отношение изменения анодного напряжения к соответствующему ему изменению анодного тока (при постоянном напряжении на сетке). Выражается R_i в омах.

Коэфициент усиления μ лампы показывает, на сколько вольт необходимо изменить анодное напряжение, чтобы получить такое же изменение анодного тока, какое получается при изменении напряжения на сетке на 1 *в*, т. е. показывает во сколько раз сеточное напряжение действует сильнее анодного на поток электронов.

Коэфициент усиления является величиной отвлеченной. Коэфициент усиления лампы зависит от расположения и формы электродов. Чем гуще сетка и чем она ближе расположена к катоду, тем коэфициент усиления лампы больше.

Проницаемость является величиной, обратной коэфициенту усиления.

$$D = \frac{1}{\mu}$$

и выражается обычно в процентах. Проницаемость показывает во сколько раз анодное напряжение действует на электроны слабее, чем напряжение на сетке.

Связь между параметрами лампы выражается формулой

$$\frac{R_i S}{\mu} = 1$$

которая называется **внутренним уравнением лампы.**

Из этой формулы следует, что коэфициент усиления

$$\mu = R_i S$$

т. е. для того, чтобы у лампы коэфициент усиления был большим, необходимо чтобы одна из величин (R_i или S) была большой.

При работе лампы электроны, летящие с большими скоростями к аноду, с силой ударяются в него. Энергия, заключенная в летящих электронах, освобождается при ударе об анод и в результате происходит нагревание металла анода.

Та мощность, которая расходуется на аноде на его нагревание и которую лампа без вреда для себя может рассеять в виде тепла (при которой анод не разогревается выше допустимого предела), называется **мощностью рассеяния на аноде.** Эта величина характеризует общую мощность лампы.

У приемных ламп мощность рассеяния имеет величину порядка 1—2 *вт*, у ламп мощного усиления, например УО-104—10 *вт*, у генераторных ламп она достигает значительной величины, например, у М-41—50 *вт*, у Г-54—500 *вт* и т. д.

Допустимая мощность рассеяния зависит от формы, размеров и материала анода и применяемой системы охлаждения, и является для каждого типа ламп постоянной величиной.

Аноды из никеля допускают нагрузку до $1^1/_2$—2 *вт* на *кв. см* наружной поверхности анода, а из молибдена до 5—6 *вт* на *кв. см*. Танталовые аноды допускают еще большее рассеяние.

Трехэлектродные лампы применяются в качестве усилителей, детекторов и генераторов.

Схема с лампой, работающей в качестве усилителя, показана на рис. 24. На сетку лампы подается переменное напряжение, которое вызывает изменение анодного тока. Характер этого изменения виден на рис. 25.

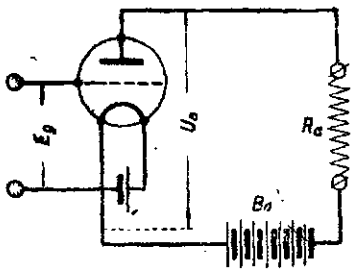


Рис. 24. Схема работы триода в качестве усилителя

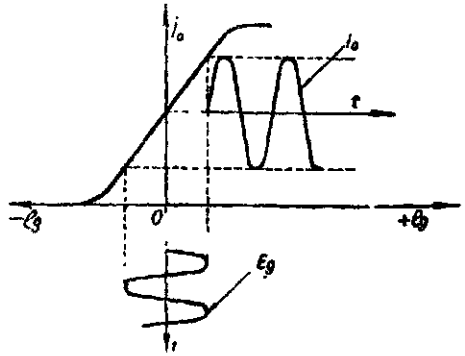


Рис. 25. График изменения анодного тока при работе схемы рис. 24

Пульсирующий анодный ток, протекая через сопротивление R_a, вызывает на зажимах этого сопротивления падение напряжения E_a, которое в несколько раз больше напряжения, поданного на сетку. Это напряжение может быть подано на сетку следующей лампы, на телефон или громкоговоритель. Вместо сопротивления в анодную цепь можно включить в качестве анодной нагрузки также колебательный контур, трансформатор или дроссель.

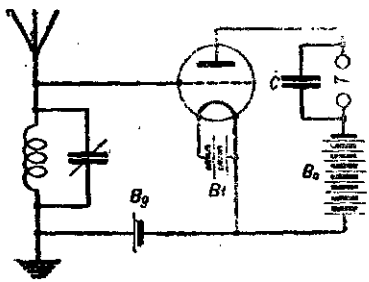


Рис. 26. Схема анодного детектирования

Детектирование с помощью электронной лампы может быть осуществлено двумя методами: анодным и сеточным. Схема анодного детектирования показана на рис. 26.

На сетку лампы от батареи или других источников дают такое постоянное напряжение смещения U_{g_0}, чтобы оно соответствовало нижнему (или верхнему) перегибу характеристики (рис. 27). Тогда подаваемые на сетку колебания высокой частоты вызовут появление в анодной цепи пульсирующего тока, состоящего из слагающих высокой и звуковой частоты (показан пунктиром). Если такой ток пропустить через телефон или первичную обмотку трансформатора низкой частоты, то

слагающая высокой частоты пройдет через междувитковую емкость телефонных катушек или обмотки трансформатора, блокировочный конденсатор и пр., а слагающая звуковой частоты вызовет колебания мембраны телефона или будет индук-

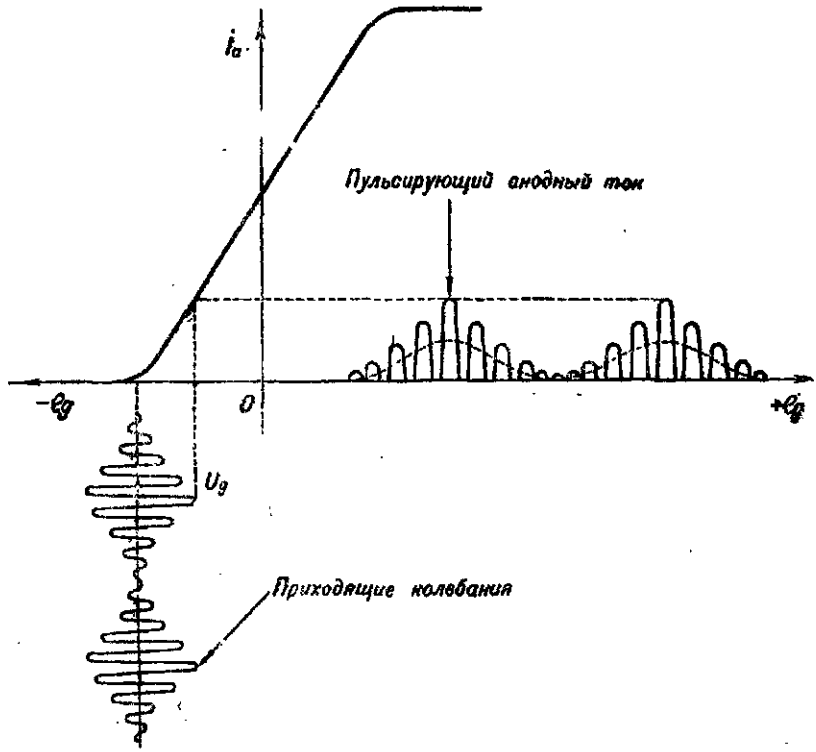


Рис. 27. Работа схемы анодного детектирования

тировать колебания звуковой частоты во вторичной обмотке трансформатора.

При сеточном детектировании в цепь сетки включается так называемый гридлик, составленный из конденсатора постоянной емкости C_g и сопротивления R_g, называемого утечкой сетки (рис. 28). За время положительных полупериодов на сетке часть электронов попадает на сетку и, скапливаясь, заряжает сетку отрицательно. Сопротивление R_g берется таким, чтобы стекание электронов с сетки на нить происходило медленно. Так как отрицательный заряд на сетке будет тем больше, чем больше будут амплитуды подаваемых на сетку модулированных колебаний, то это добавочное напряжение на сетке будет меняться со звуковой частотой, как это показано пунктиром на нижней части рис. 29, а в цепи анода получается пульсирующий ток, из которого затем выделяют составляющую звуковой частоты.

Использование лампы в качестве генератора показано на схеме рис. 30.

При включении схемы по анодной цепи пойдет ток, который зарядит конденсатор C и явится толчком к возбуждению колебаний в контуре LC. Конденсатор C начнет разряжаться на катушку L, затем будет перезаряжаться, вновь разряжаться, но уже в обратном направлении, т. е. в контуре возникнут колебания. Чтобы эти колебания стали незатухающими, нужно в контур за каждый период добавлять столько электрической энергии, сколько ее израсходуется в течение каждого периода.

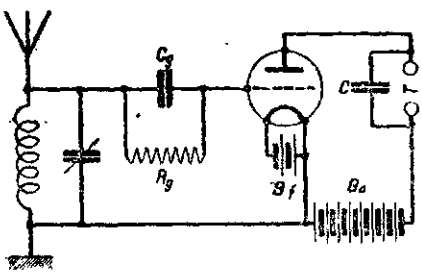


Рис. 28. Схема сеточного детектирования

Изменяющийся ток контура, проходя через катушку L, индуктирует в катушке L_1 ток той же частоты, что и в контуре, что послужит к тому, что сетка будет заряжаться то положительно,

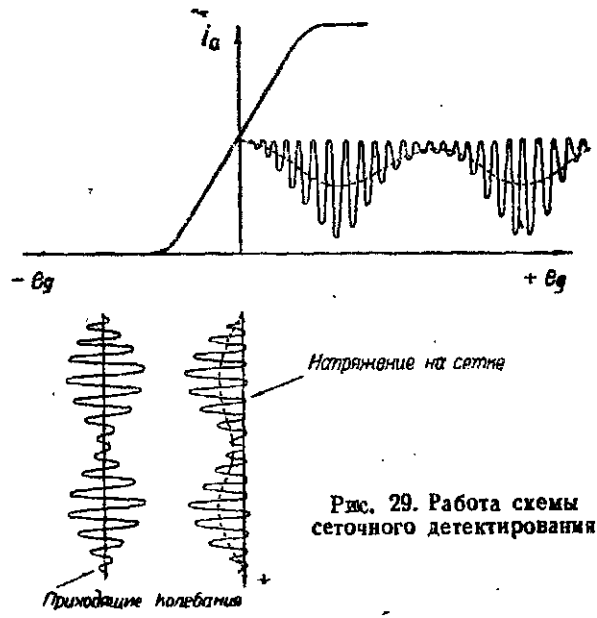


Рис. 29. Работа схемы сеточного детектирования

то отрицательно в такт с колебаниями контура. Изменение напряжения на сетке вызовет колебания анодного тока. Если правильно подобрать связь между L и L_1 и если изменения анодного тока будут совпадать в катушке L с током, появившемся вследствие разряда конденсатора C, то конденсатор за каждый

период будет получать от батареи B_a добавочный заряд, и раз начавшиеся в контуре LC колебания уже не прекратятся, т. е. лампа будет генерировать.

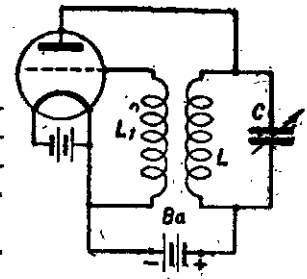


Рис. 30. Лампа в качестве генератора

5. Экранированные лампы

Экранированные лампы имеют две сетки, из которых одна—управляющая—расположена ближе к катоду, вторая — экранирующая—помещается между управляющей сеткой и анодом.

Благодаря введению экранирующей сетки емкость сетка — анод в экранированной лампе уменьшена до 0,02 *см* против 5÷8 *см* в триодах, что позволяет применять экранированную лампу для усиления высокой частоты.

Коэфициент усиления экранированных ламп очень высок—порядка нескольких сотен.

Экранированные лампы применяются для детектирования и усиления колебаний высокой частоты как в приемниках, так и в передатчиках. В передатчиках, благодаря экранированным лампам, можно обойтись без нейтрализации каскадов.

Недостатком экранированных ламп является то, что они при подаче на управляющую сетку больших амплитуд (например, при приеме местных станций), дают искажения принимаемых сигналов. Чтобы избежать эти искажения и иметь возможность принимать станции разной силы с одинаковой громкостью на выходе служат лампы с переменной крутизной.

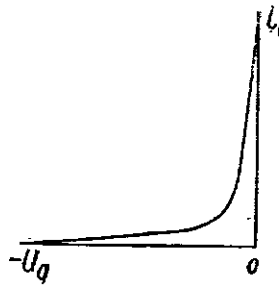


Рис. 31. Характеристика лампы с переменной крутизной

Характеристика ламп с переменной крутизной (рис. 31) отличается от характеристики обычных ламп: в левой части характеристики имеется сравнительно небольшой прямолинейный участок с малой крутизной, в правой же части характеристика имеет большую крутизну.

При работе в правой части характеристики лампа будет давать большее усиление. Но если рабочую точку переместить влево, то усиление, даваемое лампой, станет сравнительно небольшим. Таким образом усиление, даваемое лампой, будет зависеть от смещения на управляющую сетку, которое регулируется обычно в пределах от десятых долей вольта до десятков вольт с помощью специальных схем автоматического волюмконтроля.

Лампами с переменной крутизной являются СО-148 и СБ-147. В лампе СО-148 крутизна характеристики меняется от 0,035 до 3,5 *ма/в*, т. е. в сто раз.

6. Пентоды

Пентоды кроме анода и катода имеют три сетки и являются пятиэлектродными лампами. Одна из сеток обычно внутри лампы соединена с катодом; две другие сетки выведены к ножкам или зажимам на цоколе. Сетка, расположенная вблизи катода, является управляющей сеткой, а средняя—экранирующей.

Третья сетка введена в лампу для устранения в экранированных лампах динатронного эффекта, заключающегося в том, что при больших анодных напряжениях, электроны, летящие к аноду, ударяются в него со столь большой силой, что выбивают из него так называемые вторичные электроны. При сравнительно больших анодных напряжениях эти электроны возвращаются обратно к аноду и на анодный ток не оказывают заметного влияния. Но при больших колебаниях анодного напряжения — напряжение на экранирующей сетке может быть больше анодного и она может притянуть эти вторичные электроны к себе. Тогда внутри лампы образуются два тока: нормальный анодный ток, идущий от анода к катоду, и обратный или динатронный ток,— от экранирующей сетки к аноду. Динатронный ток уменьшает анодный ток и вызывает искажения при работе лампы.

Динатронный эффект может возникнуть в лампе, когда на управляющую сетку приходят колебания с большими амплитудами. Возможность возникновения динатронного эффекта устраняется введением третьей сетки—противодинатронной, располагаемой между анодом и экранирующей сеткой и соединяемой с нитью. Она имеет тот же потенциал, что и нить, вследствие чего лишает экранирующую сетку возможности притягивать вторичные электроны.

Благодаря этому пентоды не боятся больших амплитуд напряжений на управляющей сетке и пригодны для усиления низкой частоты.

Большая крутизна характеристики и большой коэфициент усиления позволяют заменять в приемниках одним пентодом два каскада усиления на трехэлектродных лампах.

За последние годы пентоды начали применяться также для усиления высокой частоты и в качестве детекторов в приемниках. В схемах американских любителей мощные пентоды часто находят себе применение также в передатчиках.

7. Комбинированные лампы

В приемных схемах за последнее время начали применяться сложные многосеточные лампы, представляющие собой соединение нескольких отдельных ламп в одном общем баллоне.

ДТ—или диод-триод (рис. 32*а*) является соединением двухэлектродной и трехэлектродной лампы. Первая служит детекто-

ром, а вторая—первым усилителем низкой частоты. Применяется весьма редко. ДТ—двойной триод—применяется в пушпульных каскадах.

ДДТ—двойной диод-триод (рис. 32*в*) состоит из трех элементов: двух диодов и одного триода, расположенных вокруг одной общей нити. Лампа позволяет одновременно производить детектирование одним диодом, автоматическое регулирование громкости вторым диодом и усиление низкой частоты триодной частью.

ДДП — двойной диод-пентод (рис. 32*с*) отличается от ДДТ только тем, что триодная часть заменена пентодом. Функции выполняет те же, что и ДДТ.

Пентагриды (рис. 32*d*) или смесительные лампы применяются в супергетеродинах и являются пятисеточными лампами. Первые две сетки, расположенные ближе к катоду, служат для генерации колебаний. Верхняя часть представляет собой экранированный детектор.

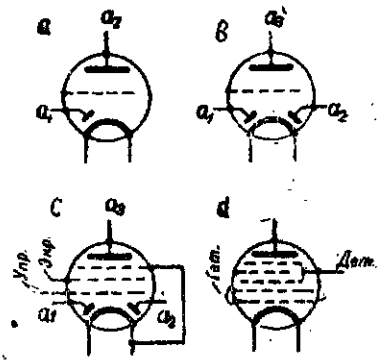


Рис. 32. Схемы комбинированных ламп

Применяемая в настоящее время цоколевка приемных ламп показана на рис. 33.

8. Приемные и усилительные лампы

Основные данные приемных ламп приведены в табл. 6. (стр. 38).

9. Генераторные лампы

Генераторные лампы (табл. 7) в большинстве случаев имеют вольфрамовый катод. Они представляют собой мощные трехэлектродные и экранированные лампы и пентоды. Лампы с торированным и карбонированным катодами применяются лишь для малых мощностей. Для коротких и ультракоротких волн применяются экранированные генераторные лампы. Характеристики генераторных ламп лежат по преимуществу в правой части, т. е. в области положительных сеточных напряжений.

Мощность генераторных ламп определяется допустимой мощностью рассеяния на аноде.

10. Модуляторные лампы

Модуляторные лампы (табл. 7) применяются в радиотелефонных передатчиках и служат для модуляции незатухающих ко-

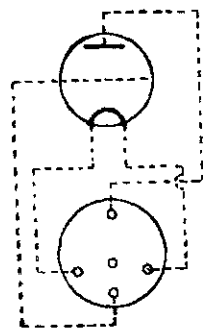
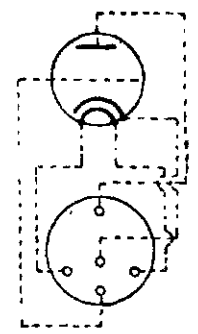
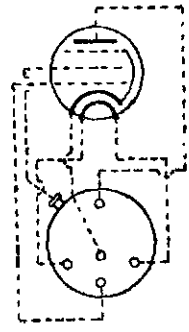
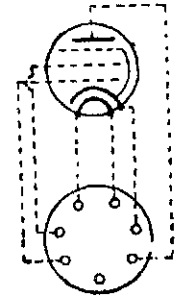
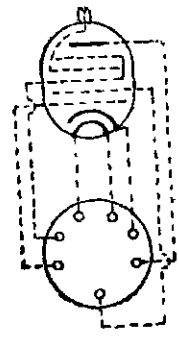
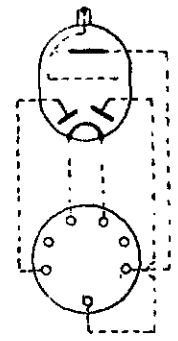
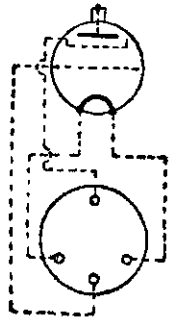
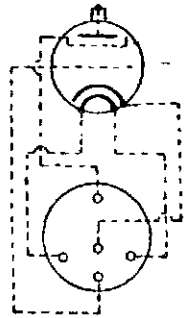
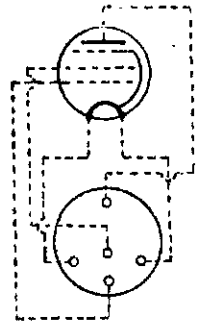
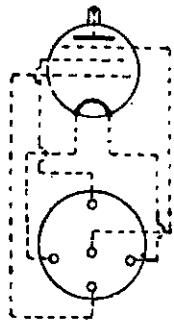
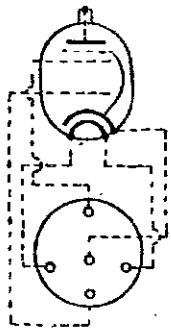
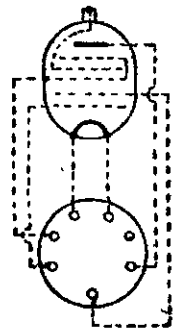
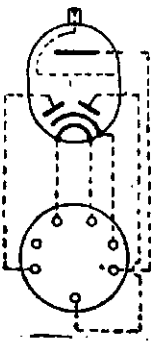
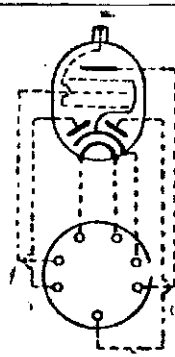
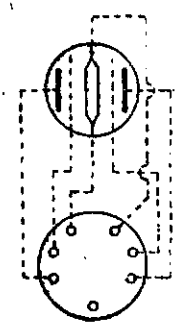
Тип ламп	Триоды прямого накала: П-7, УК-30, ПТ-2, УБ-107, УБ-108, У-110, УБ-133, УО-104, ГО-141, ТО-142, ТО-143, УБ-152,	Триоды косвенного накала СО-118, ПО-119
Схематическое изображение лампы Система цоколевки Тип цоколя	 I	 II
Тип ламп	Пентод низкой частоты косвенного накала СО-122	Пентод низкой частоты косвенного накала СО-187
Схематическое изображение лампы Система цоколевки Тип цоколя	 II	 III
Тип ламп	Пентагрид косвенного накала СО-183	ДДТ прямого накала
Схематическое изображение лампы Система цоколевки Тип цоколя	 III	 III

Рис. 33. Схематическое изображение

Экранировн. лампы прямого накала СО-44, СБ-112, СБ-147, СБ-154,	Экранировн. лампы косвенного накала СО-124, СО-148	Пентод низкой частоты прямого накала СБ-155
 II	 II	 II
Пентод высокой частоты прямого накала	**Пентод высокой частоты косвенного накала СО-182**	**Пентагрид прямого накала**
 II	 II	 III
ДДТ косвенного накала СО-185	**ДДП косвенного накала СО-193**	**ДТ прямого накала**
 III	 III	 III

современных ламп и их цоколевка

Таблица 6

ПРИЕМНЫЕ И УСИЛИТЕЛЬНЫЕ ЛАМПЫ

Марка лампы	Тип лампы	Тип катода	Напряжение накала *в*	Ток накала *а*	Анодное напряжение *в*	Коэф. усиления μ	Крутизна S $\frac{ма}{в}$	Мощн. рассеян. на аноде *вт*
П7(Р-5)	Универ. трехэл.	Вольфр.	3,8	0,7	40÷200	8÷11	0,3÷0,4	0,5
УК-30	Трехэл. мощн. усилен.	Карбон.	5,6	0,9	200÷400	10÷12	1,2÷1,9	8
ПТ2(микро)	Универ. трехэл.	Торир.	3,6	0,07	11÷12,5	0,4÷0,5	0,4	0,3
УБ-107	„ „	Бариев.	4,0	0,08	80÷160	9÷13	1,2÷1,5	2
ПБ-108	„ „	„	1,2	0,09	60÷120	6,5÷8	0,4÷0,5	0,2
УБ-110	Усил. н. ч.	„	4	0,08	80÷160	20÷30	1,0÷1,5	2
УБ-132	Усилен. мощн.	„	4	0,15	80÷160	7,5÷10,5	1,8÷2,4	3
УО-104	„ „	Оксидн.	4	0,8	160÷240	3,4÷4,2	2,7÷3,7	12
ТО-141	„ „	„	2,4	1,0	220	21÷25	2,0÷2,5	4
ТО-142	„ „	„	2,4	1,0	220	10÷12	2,0÷2,5	6
ТО-143	„ „	„	3,75	1,0	240	4,0÷4,4	2,2÷3,4	12
СО-118	Дет. и усил. н. ч.	Подогр. окс.	4	1,0	100÷240	28÷38	1,8÷2,7	3,6
ПО-119	Усилен. н. ч.	„	4	1,0	160÷240	12,5÷15	1,8÷2,7	5
СО-124	Экран.	„	4	1,0	100÷240	300÷500	1,6÷2,6	4
СО-148	Экран. с п. к.	„	4	1,0	100÷240	1500	3,5	—
СО-122	Пентод	„	4	1,1	240	80÷200	1,6÷2,4	5
СО-44	Экран.	Оксидн.	3,6	0,2	80÷280	140÷280	1÷1,6	3
СБ-112	„	Бариев.	4	0,07	80÷240	250÷500	0,65÷0,95	1
УБ-152	Дет. и усил.	„	2	0,1	80÷160	12	1,7	
СБ-155	Пентод н. ч.	„	2	0,2	120÷160	250	2,5	
СО-95	Экран.	Подогр. окс.	1,1	1,8	160÷240	200	1,25	
СО-183	Пентагрид.	Оксид.	4	1	240	300÷400	1,2÷1,5	
СО-185	ДДТ	„	4	1	200÷240	35	1,5÷2	
СО-182	Пентод в. ч.	„	4	1	200÷240	1500÷3000	2,5	
СО-193	ДДП	„	4	1	240	100	2	
СО-187	Пентод н. ч.	„	4	2	240	150	7÷8	13
СБ-147	Экран.	Бариев	4	0,15	150	400	15÷2	
СБ-154	Экран.	„	2	0,085	120	200	1	
		Металлическая серия						
6А8	Пентагрид . .	Подогр.	6,3	0,3	250	—	—	
6С6	Детектор усил. триод . . .	„	6,3	0,3	250	20	2	
6Ф5	Триод низкой частоты . .	„	6,3	0,3	250	100	1,5	
6Ф6	Мощный пентод низкой частоты . .	„	6,3	0,7	250—375	7	2,7	
6Х6	Сдвоенный диод	„	6,3	0,3	—	—	—	
6Ж7	Пентод в. ч.		6,3	0,3	250	1500	1,2	
6К7	Пентод в. ч. с перем. крутизн. . . .	„	6,3	0,3	250	990	—	

Таблица 6 (окончание)

Марка лампы	Тип лампы	Тип катода	Напряжение накала *в*	Ток накала *а*	Анодное напряжение *в*	Коэф. усиления μ	Крутизна S $\frac{ма}{в}$	Мощ. рассеян. на аноде *вт*
6Л6	Мощная лучевая лампа . .	Подогрев.	6,3	0,9	375—400	—	—	
6Л7	Пятисеточный смеситель . .	„	6,3	0,3	250	880	1,1	
6Н7	Сдвоенный триод . . .	„	6,3	0,8	300	35	3,2	
6Q7	Двойной диод-триод . . .	„	6,3	0,3	250	70	1,2	
6Р7	Двойной диод-триод . . .	„	6,3	0,3	250	1,6	1,9	

лебаний. Так как модуляторные лампы во избежание искажений должны работать по возможности без сеточного тока, они делаются с левой характеристикой.

Таблица 7

ГЕНЕРАТОРНЫЕ И МОДУЛЯТОРНЫЕ ЛАМПЫ

Наименование типов		Напряж. накала *в*	Ток накала *а*	Электрон. эмиссия катода *ма*	Анодн. напряжение *в*	Напряж. экран. сетки *в*	Максим. рассеиван. мощности на аноде *вт*	Коэфициент усиления μ	Крутизна S $\frac{ма}{в}$	Средний срок службы ламп (час.)
По ОСТ	Старые									
ГД-50	Г-46 (ГТ-10)	11	4,1	250	1500	—	80	55	2	400
ГД-100	Г-47 ($Б_4$-250)	11,3	3,8	215	3000	—	150	70	1,45	500
ГД-200	Г-49 ($Б_5$-250)	11	6,3	420	3000	—	150	85	2,35	1000
ГК-20	ГК-36	5,6	0,85	200	750	—	20	53	1,75	200
ГКЭ-150	С-106($Б_9$-250)	11	6,3	420	3000	500	100	350	2	750
М-50	М-127	11	6,3	270	1200	—	50	10	1,45	1000
М-41	ГТ-5	11	3,5	270	1200	—	50	10	1,45	200
М-28	М-84(МТ-10)	11	6,3	420	1300	—	150	11	2,5	1000
М-80	М-53	11	3,5	260	1200	—	80	10,5	1,45	200
М-150	—	11	6,3	420	3000	—	150	11	1,45	1000

11. Кенотроны

Кенотроны применяются в выпрямителях. Типы и данные их приводятся в таблице 8.

Таблица 8

КЕНОТРОНЫ

Наименование типов		Число анодов	Напряж. накала *в*	Ток накала *а*	Максим. рабоч. амплитуда анодного тока *а*	Максим. мощность рассеивания анодом *вт*	Средний срок службы (час).
По ОСТ	Старые						
ВО-188	—	2	4	2,3	0,56	—	1000
ВО-196	—	1	4	3	0,9	—	1000
2В-400	ВО-116	2	4	1,95	0,4	10	300
В-200	В-16(КЛ)	1	12	6,5	0,2	15	500
В4-200	В-17(К-5)	1	11	3,5	0,2	50	200
В4-201	В-128	1	11	6,3	0,2	50	1000

12. Газотроны

Газотрон представляет собой двухэлектродную лампу с накаленным катодом и пространством, заполненным парами ртути. Применяются газотроны для выпрямления переменного тока, так же как и кенотроны, отличаясь от последних большой силой выпрямленного тока и малым внутренним сопротивлением.

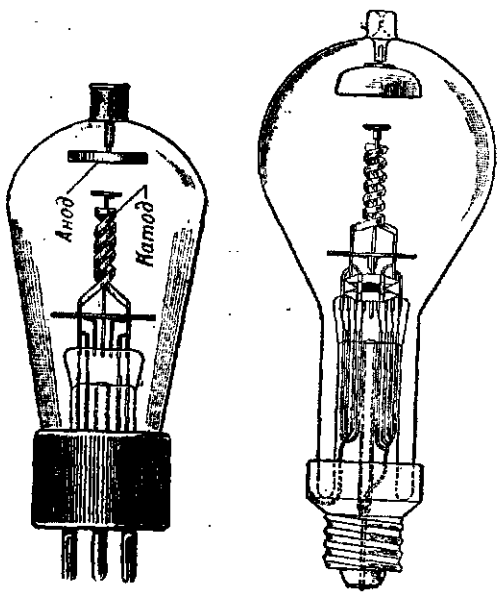


Рис. 34. Конструкция газотронов

Конструкция газотрона показана на рис. 34. Катод в виде спирали из плоской вольфрамовой ленты покрывается для увеличения эмиссии оксидным слоем из солей бария, стронция или висмута. Анод делается из никеля, железа или графита. Ему придается форма диска или полушария и он помещается над катодом. Внутри баллона помещено несколько капель ртути.

При накале катода ртуть испаряется и образует ртутный пар. При положительном напряжении на аноде электроны, вылетевшие из катода, устремляются к аноду и на своем пути, сталкиваясь с частицами ртутных паров, ионизируют молекулы ртути, т. е. расщепляют их на электроны и ионы. Положительные ионы направляются к катоду и компенсируют располагающийся вблизи него пространственный заряд, благодаря чему внутреннее сопротивление лампы уменьшается, что позволяет получить от газотрона большие токи. Поэтому газотроны особенно удобно применять для зарядки аккумуляторов, для питания анодов мощных передатчиков и т. п.

Для работы газотрона необходимо, чтобы ртутные пары внутри колбы обладали необходимым давлением, которое наступает только при определенной температуре. Для этого колба газотрона должна быть предварительно прогрета включением накала. Выделяющееся тепло нагревает колбу и испаряет осевшие на дне и стенках колбы капельки ртути. Прогрев газотронов занимает время от 2 мин. при малых газотронах и до 10—20 мин. при мощных газотронах. Анодное напряжение включается только после прогрева, так как иначе может произойти разрушение катода и лампа выйдет из строя.

Типы и данные наших маломощных газотронов даны в табл. 9.

Таблица 9

ГАЗОТРОНЫ

Тип	Напряж. накала *в*	Ток накала *а*	Амплитуда обратного напряж. *в*	Выпрямл. ток *а*	Время прогрева в мин.
ВГ-129	2,5	8—10	6000	1,5	5
ВГ-130	2,5	20—25	7000	4,0	5
ВГ-161	2,5	4,5—5,5	2000	1,0	2

Глава IV

ПРИЕМНИКИ КОРОТКИХ ВОЛН

1. Особенности коротковолнового приема

Прием коротких волн производится по существу с помощью тех же методов, что и прием длинных волн, хотя и отличается от последнего некоторыми особенностями.

К преимуществам коротковолнового приема следует отнести то, что даже очень дальние станции можно принимать с помощью самых простых приемников, например, на регенеративный приемник с одним каскадом усиления высокой и низкой частоты.

Коротковолновый приемник может работать от любой не особенно длинной антенны. Достаточно хорошие результаты получаются также и при приеме на комнатные антенны.

Атмосферные помехи на коротких волнах сказываются в значительно меньшей степени, чем на длинных волнах. Помехи от грозовых разрядов будут на коротких волнах, правда, не меньше, чем на длинных волнах, но характер этих помех будет иной. При приеме длинных волн атмосферные шумы происходят непрерывно и время от времени покрываются еще более сильными шумами и треском. При коротких же волнах помехи длятся лишь небольшие промежутки времени, а при наиболее коротких волнах отсутствуют совершенно.

Отрицательным явлением, с которым приходится считаться при приеме коротких волн, являются замирания (фэдинги). При приеме на обычную антенну сила сигналов, вследствие замираний, может сильно меняться, доходя до полного пропадания сигналов. Из-за этого явления даже достаточно большая мощность передатчика не может послужить гарантией уверенной и бесперебойной связи.

В настоящее время для борьбы с замираниями разработан ряд мер как, например, применение направленных антенн, одновременный прием на две-три антенны, расположенные на расстоянии 100÷200 *м* одна от другой, применение ограничителей АВК.

Однако, все эти способы борьбы с замиранием, кроме АВК, сложны и не под силу рядовому радиолюбителю, вследствие чего и применяются они исключительно в коммерческой радиосвязи.

Весьма высокие частоты, соответствующие коротким волнам, обусловливают ряд особенностей и в конструкции коротковолнового приемника. Паразитная емкость между отдельными частями схемы и между монтажными проводами, которая в длинноволновых приемниках играет второстепенную роль, здесь может легко создавать нежелательные вредные связи, нарушающие устойчивую работу приемника. Междуэлектродная емкость трехэлектродной лампы часто может оказаться достаточной для создания паразитных связей и утечек. Экранированные лампы, хорошо работающие в качестве усилителей высокой частоты при приеме длинных волн, дают на коротких волнах значительно меньший эффект и не позволяют получить от лампы такого большого усиления, как в длинноволновых схемах. При приеме коротких волн усилитель высокой частоты на экранированной лампе будет давать не столько усиление сигналов, сколько увеличение устойчивости и селективности приема.

При приеме коротких волн сильно сказывается влияние рук оператора на настройку приемника. Во избежание этого явления приходится или располагать конденсатор на некотором расстоянии от передней панели приемника, или же экранировать переднюю панель, а экран заземлять.

При работе по приему коротких волн следует отличать прием радиослушательский от приема радиолюбительского.

Радиослушательский прием заключается в приеме коротковолновых вещательных станций, расположенных сравнительно равномерно по всему коротковолновому диапазону (от 15 до 100 *м*).

В иных условиях происходит любительский коротковолновый прием, т. е. прием любительских радиостанций.

Любителям для работы на коротких волнах отведены узкие диапазоны волн (см. гл. II). В каждом из этих диапазонов можно услышать сотни любительских станций.

Вполне понятно, что если любитель построит приемник, перекрывающий, с помощью одной катушки например, диапазон волн от 20 до 50 *м* или от 40 до 100 *м*, то на всей шкале настройки любительские диапазоны займут всего 2-3 градуса и настройка на каждую из многочисленных маломощных любительских станций будет почти невозможна. Поэтому приходится или применять верньеры с большим замедлением, или подбирать такие данные контура, чтобы при полном повороте конденсатора настройки перекрывать только один из любительских диапазонов.

Например, в 40-метровом диапазоне длина волны изменяется в $\frac{42{,}8}{41} = 1{,}044$ раза, чему соответствует изменение емкости контура в $1{,}044^2 = 1{,}1$ раза. Так как добиться такого изменения емкости контура при применении малоемкостных переменных конденсаторов не удается, приходится параллельно конденсатору настройки (малой емкости 20÷30 *см*) подключать сравнительно большой конденсатор, чтобы полная емкость контура могла быть изменена при настройке в 1,1÷1,2 раза.

Любительский приемник должен обладать также хорошей избирательностью, чтобы иметь возможность при приеме отстроиться от мешающих станций. Так как любителю приходится при телеграфной связи принимать станции, работающие незатухающими колебаниями, любительский приемник должен устойчиво генерировать на всем рабочем диапазоне без провалов, и иметь плавный подход к генерации.

2. Регенеративный прием

Телеграфные радиостанции, работающие незатухающими колебаниями, не могут быть непосредственно приняты на телефон. Для того, чтобы иметь возможность слышать сигналы, переданные незатухающими колебаниями, необходимо предварительно на принятые сигналы наложить незатухающие колебания от местного генератора и получить биения, которые затем детектируются и воздействуют на телефон.

Графически процесс получения биений показан на рис. 35. Колебания *a*, принятые от передающей радиостанции, складываются в приемнике с колебаниями *b*, создаваемыми на месте приема с помощью специального генератора или в регенераторе и отличающимися по частоте от принятых колебаний примерно

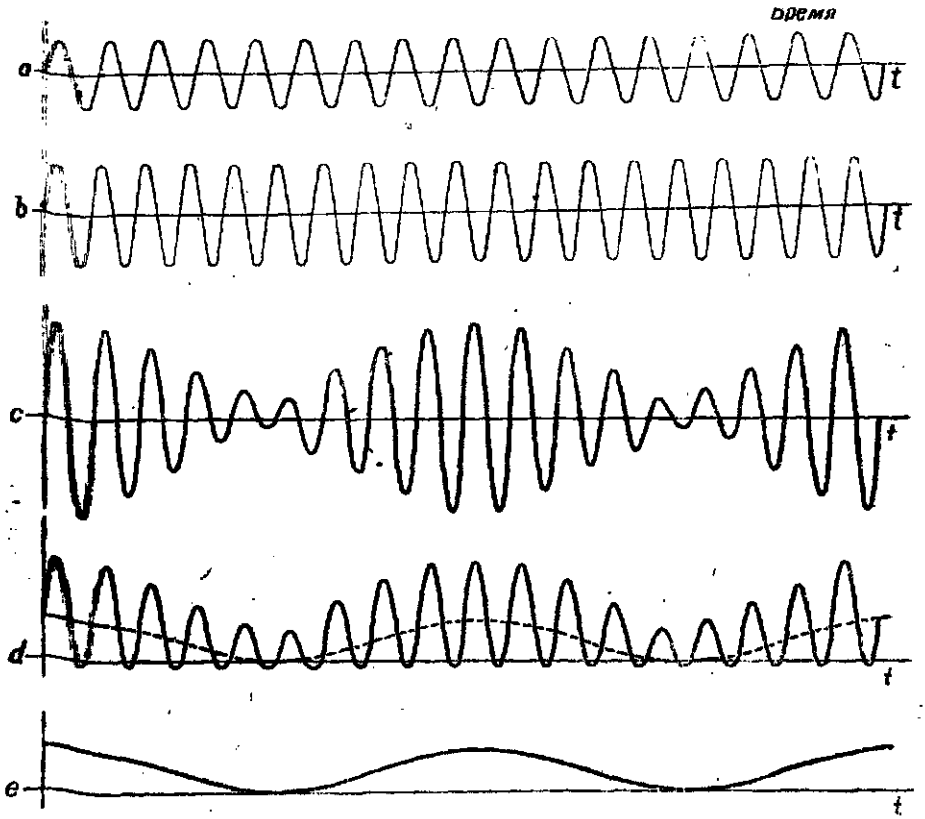


Рис. 35. График получения биений

на 800÷1000 *гц*. В результате сложения обоих колебаний получатся биения *c*, причем число таких биений в секунду будет равно разности частот обоих сложенных колебаний, т. е. частота биений составит 800÷1000 *гц*. Биения после детектирования *d* дадут пульсирующий ток *e* с частотой 800÷1000 *гц*, который проходит через обмотки телефона, и сигналы станут слышимыми.

Наиболее просто биения получаются в регенеративном приемнике.

На рис. 36 показана принципиальная схема регенеративного детектора. Колебания от усилителя высокой частоты подаются к

настраивающемуся колебательному контуру L_1 C_1. В анодной цепи лампы помещена катушка L_2, индуктивно связанная с катушкой контура L_1. Катушка L_2 носит название **катушки обратной связи.**

При приеме радиостанции лампа детектирует приходящие колебания. Переменная составляющая высокой частоты анодного тока детекторной лампы, проходя через катушку обратной связи L_2, индуктирует в катушке контура L_1 электродвижущую силу той же частоты, что и частота сигналов принимаемой станции.

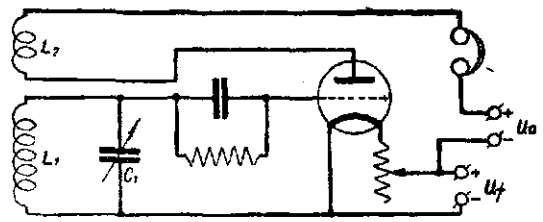


Рис. 36. Схема регенеративного детектора

Если направление витков катушки L_2 взято правильное, направление тока, индуктируемого катушкой обратной связи в катушке сеточного контура, будет совпадать с направлением тока от принимаемой станции, и в контуре L_1C_1 получится увеличение колебаний высокой частоты, а следовательно получатся и более сильные колебания низкой частоты в анодной цепи. *

Увеличением или уменьшением связи между катушками можно увеличивать или уменьшать электродвижущую силу, индуктируемую катушкой обратной связи в катушке контура или увеличивать и уменьшать силу звука в телефоне.

При очень сильной связи между катушками электродвижущая сила, индуктируемая в сеточной катушке, может стать настолько велика, что в контуре возникнут собственные колебания и схема превращается в генератор колебаний высокой частоты.

При приеме радиотелефона, или телеграфных станций, работающих модулированными колебаниями, обратную связь никогда не доводят до возникновения собственных колебаний, так как при них получаются искажения приема.

Но для приема телеграфных станций, работающих незатухающими колебаниями, приемник заставляют генерировать собственные колебания. Контур детектора настраивают на частоту, немного отличающуюся от частоты принимаемой станции. Тогда в цепи сетки будут существовать колебания двух частот: принимаемой станции и создаваемых самим приемником. Оба колебания, складываясь, создадут биения, которые после детектиро-

---

* В противном случае эти токи будут иметь противоположные направления, и вместо увеличения напряжения в контуре получится ослабление и сила звука в телефоне уменьшится.

вания дадут колебания с звуковой частотой. Такой способ приема незатухающих телеграфных сигналов называется автодинным.

Биения можно получить также с помощью отдельного маломощного генератора высокой частоты, называемого гетеродином. Детекторную лампу заставляют в этом случае только детектировать. Колебания от гетеродина через катушку связи передаются в контур детекторной лампы. Приемник настраивается точно на принимаемую волну, а гетеродин—на частоту, несколько отличную от принимаемой частоты.

В результате получается то же явление биений, что было рассмотрено выше.

Автодинный способ приема телеграфных сигналов проще гетеродинного, но менее устойчив и чувствителен, так как сеточной контур приходится расстраивать по отношению к принимаемой частоте, и изменения обратной связи влияют на настройку.

Несмотря, однако, на эти недостатки, среди радиолюбителей применяется почти исключительно автодинный прием.

Обратная связь анодной цепи с сеточным контуром может быть осуществлена не только индуктивным путем, но и через емкость.

3. Схемы коротковолновых регенеративных детекторов

Наиболее простая регенеративная схема рис. 36 имеет тот недостаток, что обратная связь в ней регулируется сравнительно грубо и поэтому плавный подход к генерации затруднителен, что особенно неудобно при приеме телефонных станций. По этой причине такой регенератор на коротких волнах применяется сравнительно редко и уступает место более совершенным регенеративным схемам, в которых обратная связь регулируется при помощи переменного конденсатора.

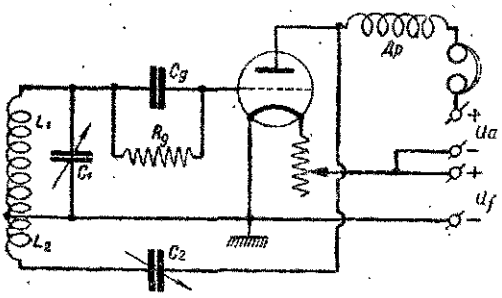


Рис. 37. Схема Рейнарца

На рис. 37 показана схема Рейнарца. Ее отличие от схемы рис. 36 заключается в том, что в цепь обратной связи последовательно с катушкой введен переменный конденсатор C_2 и дроссель $Др$, преграждающий колебаниям высокой частоты путь через телефон.

Постоянная слагающая и слагающая низкой частоты, которая образовалась вследствие детектирования сигналов проходят через дроссель высокой частоты, тогда как слагающие высокой частоты, встречая в дросселе большое сопротивление, идут через

конденсатор C_2 и катушку L_2 обратной связи и производят регенерацию. Постоянная же слагающая и слагающая низкой частоты по этой цепи пройти не могут из-за включенного последовательно в цепь конденсатора C_2 сравнительно малой емкости.

Последовательно с переменным конденсатором обратной связи C_2 включается постоянная емкость, служащая для устранения короткого замыкания анодного источника при случайном замыкании пластин конденсатора C_2. Емкость постоянного конденсатора берется порядка 1000—3000 *см*.

В регенераторе Рейнарца мы имеем две обратных связи: одну через взаимоиндукцию катушек L_1 и L_2 и вторую—паразитную—через внутриламповую емкость между анодом и сеткой. Индуктивная связь между катушками берется постоянной с таким расчетом, чтобы получалось возникновение генерации.

Паразитная обратная связь через емкость анод-сетка лампы будет действенной только тогда, когда в анодной цепи C_2—L_2 преобладает индуктивное сопротивление. Если же в анодной цепи будет преобладать емкостное сопротивление, то обратная связь через емкость анод-сетка будет не усиливать колебания, а, наоборот, ослаблять и препятствовать возникновению генерации.

Меняя емкость конденсатора C_2, мы будем менять емкостное сопротивление цепи обратной связи и тем самым изменять соотношение между индуктивным и емкостным сопротивлениями, входящими в эту цепь.

Для перекрытия диапазона волн от 17 до 200 *м* необходимо иметь 4 сменных катушки в 9, 18, 38 и 80 витков из провода диаметром 0,4—0,6 *мм*, намотанных на картонном цилиндре диаметром 38—40 *мм*. Катушка обратной связи наматывается на том же цилиндре и имеет соответственно 4,6, 11 и 18 витков. Конденсатор $C_1 = 100 \div 150$ *см*, $C_2 = 250$ *см*. Конденсатор гридлика берется в $25 \div 50$ *см*, а сопротивление R_g—в $0{,}7 \div 1$ *мгом*.

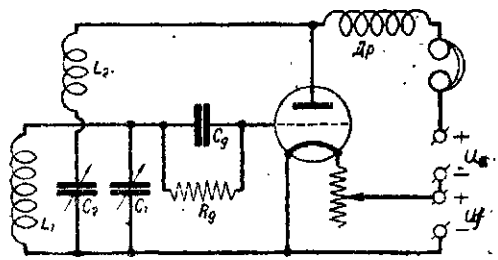


Рис. 38. Схема Виганта

Схема Рейнарца имеет тот существенный недостаток, что приближение руки оператора к конденсатору обратной связи сильно влияет на настройку приемника, так как подвижные пластины и ось этого конденсатора нельзя заземлить.

От этого недостатка свободна схема Виганта (рис. 38), отличающаяся от схемы Рейнарца тем, что конденсатор обратной связи C_2 включен между катушкой обратной связи L_2 и катодом. Катушки L_1 и L_2 могут располагаться на общем каркасе.

Регулировка обратной связи осуществляется вращением конденсатора C_2. Так как подвижные пластины конденсаторов C_1 и C_2 в схеме Виганта заземлены, исключается влияние рук оператора на настройку. Числа витков катушек L_1 и L_2 те же, что и в схеме рис. 37.

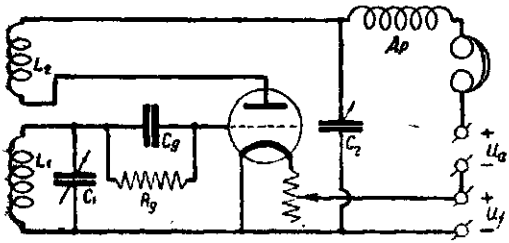


Рис. 39. Схема Шнелля

На рис. 39 дана схема Шнелля. Она напоминает обычный регенератор по схеме рис. 36, с той лишь разницей, что добавлены конденсатор обратной связи C_2 для регулировки обратной связи и дроссель *Др* для преграждения пути слагающей высокой частоты через телефон и батарею. Катушки L_1 и L_2 наматываются обычно на общем каркасе.

Схема проста в обращении и пользуется большой популярностью среди любителей.

Часто простой конденсатор обратной связи в схеме Шнелля заменяют диференциальным конденсатором (рис. 40). При нем изменение обратной связи получается более плавным и приемник работает более устойчиво, чем с обычным переменным конденсатором. Подвижные пластины диференциального конденсатора приключаются к катоду детекторной лампы.

Иногда регулировка обратной связи производится переменным сопротивлением порядка сотен и тысяч *ом*, включаемым в анодную цепь детекторной лампы. Достоинством таких схем является то, что в них изменение обратной связи почти не влияет на настройку.

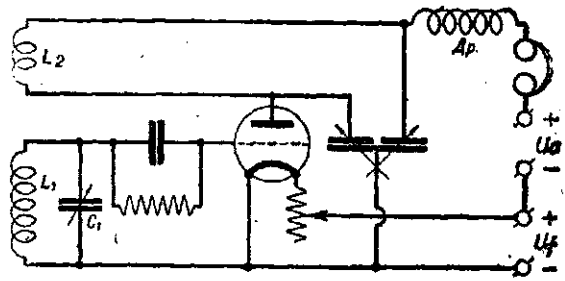


Рис. 40. Схема Шнелля с диференциальным конденсатором обратной связи

В качестве такого сопротивления можно применить электронную лампу, включаемую в анодную цепь детекторной лампы (рис. 41). Анод детекторной лампы питается через сопротивление R_a и параллельно ей включенную двухэлектродную лампу *Л*. (На схеме рис. 41 применена трехэлектродная лампа с соединенными между собой анодом и сеткой). Для регулирования обратной связи изменяют реостатом накал лампы *Л*, вследствие чего изменяется ее сопротивление анод-катод, а следовательно и ток, проходящий через нее, а также и общий ток обеих ламп, проходящий через сопротивление R_a.

Благодаря этому меняется падение напряжения на сопротивлении R_a и напряжение на аноде детекторной лампы.

Для таких схем применяются лампы, степень накала нити которых очень быстро реагирует на изменение напряжения накала, как, например, лампы УБ-107 и УБ-110. Подогревные лампы в подобных схемах неприменимы. Конденсатор $C_б$ берется от 0,25 до 1,0 *мкф*.

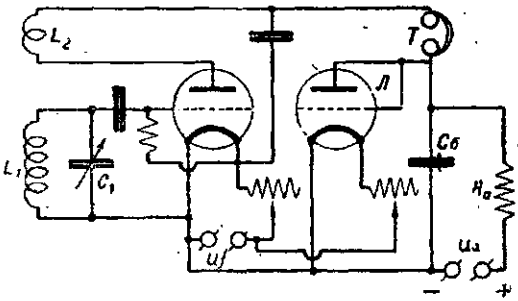


Рис. 41. Применение электронной лампы в качестве переменного сопротивления для регулировки обратной связи

В качестве детектора вместо трехэлектродных ламп могут применяться экранированные лампы, увеличивающие чувствительность и устойчивость работы схемы. Для экранированных ламп весьма важен подбор правильного режима работы. Особенно это касается напряжения на экранирующей сетке, от правильного выбора которого зависит плавность подхода в генерации.

Обратная связь в схемах с экранированными лампами может регулироваться одним из указанных выше способов. Кроме того ее можно регулировать изменением напряжения на экранирующей сетке, как показано на рис. 42. Изменение напряжения экранирующей сетки производится тем же путем, что и на схеме рис. 41 с той лишь разницей, что электронная лампа включена в цепь экранирующей сетки.

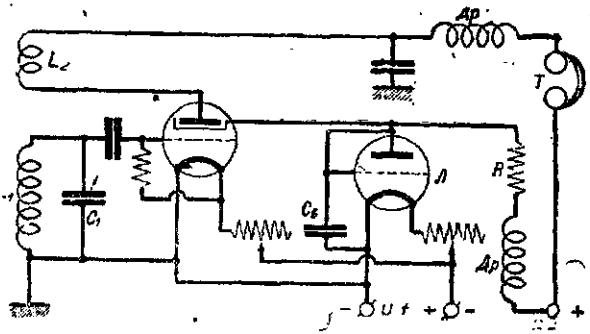


Рис. 42. Схема регенеративного детектора с экранированной лампой

В современных коротковолновых регенеративных приемниках находят применение и пентоды высокой частоты, которые в любительской коротковолновой практике даже вытесняют экранированные лампы.

Отсутствие в высокочастотном пентоде вторичной эмиссии позволяет увеличить напряжение на экранирующей сетке и одновременно снизить напряжение на аноде. Поэтому высокочастотные пентоды могут работать при сравнительно небольшом напряжении на аноде—в 100÷120 *в*.

Детекторная схема с высокочастотным пентодом показана на рис. 43. Регулировка обратной связи производится изменением на-

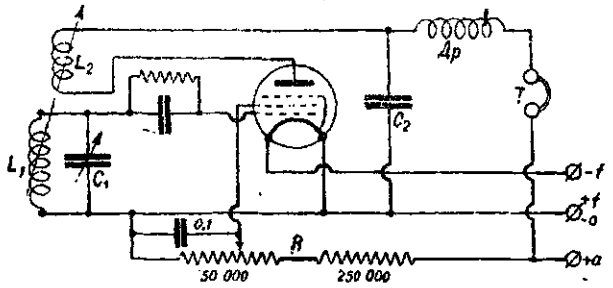


Рис. 43. Схема регенеративного детектора с высокочастотным пентодом

пряжения экранирующей сетки с помощью потенциометра R. Для свободного прохода токов высокой частоты потенциометр зашунтирован конденсатором в 0,1 *мкф*. Конденсатор постоянной емкости C_2 (в 500 *см*) дает возможность токам высокой частоты после катушки обратной связи попадать непосредственно на катод. Дроссель *Др* препятствует попаданию токов высокой частоты в источники питания и телефон.

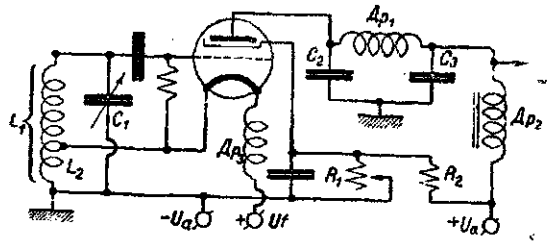


Рис. 44. Схема Доу

В заключение приведем так называемую схему Доу, нашедшую широкое применение в американских коротковолновых приемниках. Она изображена на рис. 44. Схема представляет собой регенератор на экранированной лампе или пентоде высокой частоты. Катушка обратной связи L_2 составляет часть контурной катушки L_1 и включена в анодную цепь со стороны катода. Высокочастотная слагающая анодного тока проходит через блокирующий конденсатор C_2 на землю, а затем через катушку L_2 попадает обратно на катод лампы. Изменение обратной связи производится изменением напряжения на экранирующей сетке с помощью потенциометра R_1 R_2. Число витков катушки L_2 составляет обычно не более, чем $^1/_{10}$ общего числа витков контурной

катушки. По сравнению с другими регенеративными схемами, схема Доу имеет то преимущество, что сеточные провода при монтаже возможно настолько удалить от анодных, что емкость сетка-анод всей схемы сводится до минимума. Кроме того, исключается возможность ошибочного включения катушки L_2 для получения генерации, так как контурная катушка и катушка обратной связи представляют одну общую катушку с отводом.

При применении лампы с подогревом дроссель $Др_3$ опускается и катод приключается к сеточному сопротивлению и отводу от катушки L_1.

4. Усиление высокой частоты

Усиление высокой частоты является обязательным для современного регенеративного приемника. При наличии каскада усиления высокой частоты увеличивается устойчивость работы приемника и его селективность, а кроме того устраняется возможность излучения в эфир колебаний, создаваемых регенеративным детектором и являющихся источником помех для соседних приемников.

Вследствие сравнительно большой внутриламповой емкости сетка-анод, через которую при коротких волнах может расходоваться значительная доля энергии сеточного контура, трехэлектродные лампы в каскадах усиления высокой частоты коротких волн почти не дают эффекта. На волнах короче 60 *м* трехэлектродная лампа в качестве усилителя может не только не дать усиления, но даже вызвать ослабление сигналов. Поэтому применяют для усиления высокой частоты экранированные лампы, обладающие незначительной внутриламповой емкостью сетка-анод и большим коэфициентом усиления.

Наиболее типичные схемы усиления высокой частоты показаны на рис. 45. В схеме *а*, являющейся наиболее простой и дающей большое усиление, в цепи анода имеется настроенный контур. Связь с детекторной лампой осуществляется через конденсатор в 10÷50 *см*. Схема *б* дает несколько меньшее усиление, но вместе с тем обладает и несколько большей избирательностью, чем схема *а*. В ней анод экранированной лампы приключен не к началу катушки L_2, а к некоторой части ее витков. В схеме *в* анодная цепь индуктивно связана с колебательным контуром сетки следующей лампы. Анодные катушки L_3 и L_2 образуют трансформатор высокой частоты.

Схема *г* (рис. 45) имеет также колебательный контур в цепи сетки второй лампы, но связь с первой лампой осуществляется через конденсатор *С*.

Схемы *а* и *б* рис. 45 обладают тем неудобством, что в них обе системы пластин конденсатора сеточного контура находятся по отношению к экрану и земле под полным анодным напряжением, что заставляет обращать особое внимание на качество изо-

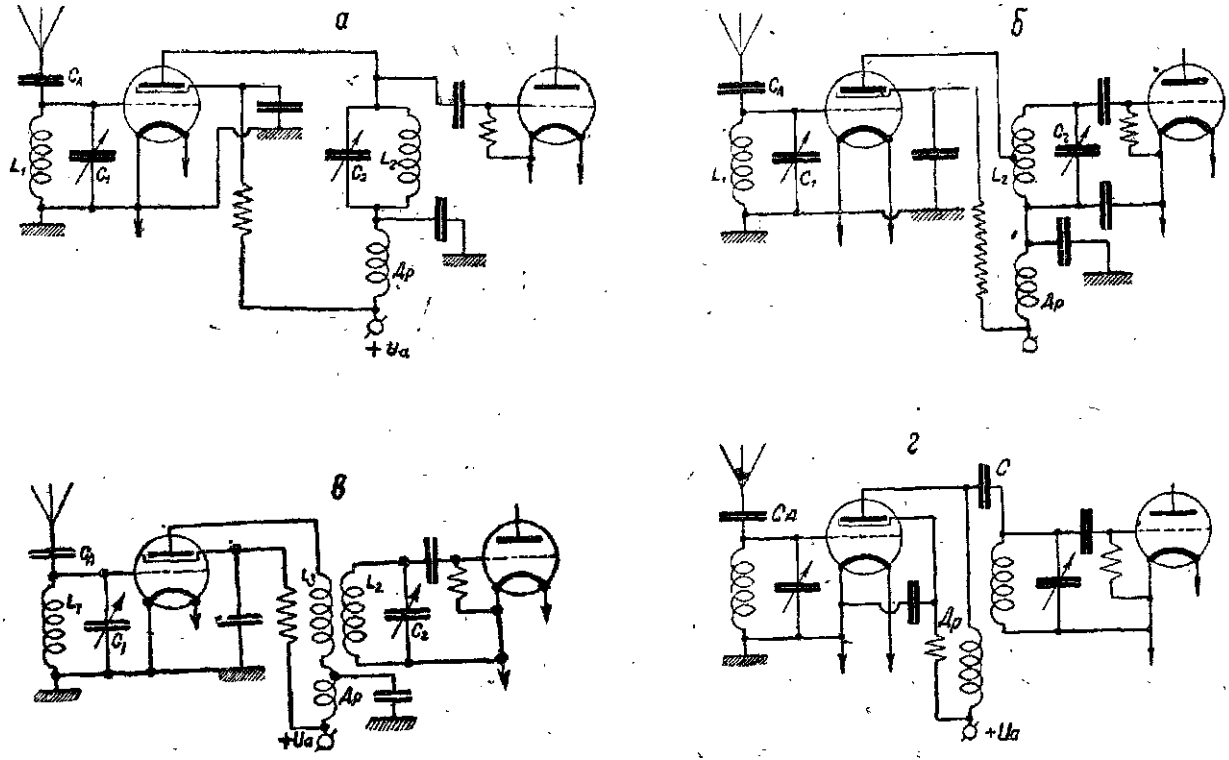


Рис. 45. Схемы усиления высокой частоты

ляции их от экрана, а также и других частей монтажа. Схемы с трансформаторной связью в коротковолновых приемниках применяются довольно редко, так как они дают несколько меньшее усиление, чем схемы с настроенным анодом, и кроме того требуют хорошей подгонки обмоток высокочастотного трансформатора.

От этого недостатка свободна схема рис. 46, где к аноду лампы присоединены неподвижные пластины переменного конденсатора C_2. Подвижные пластины конденсатора C_2 заземлены. В контур помимо конденсатора C_2 входит еще постоянный конденсатор C_3.

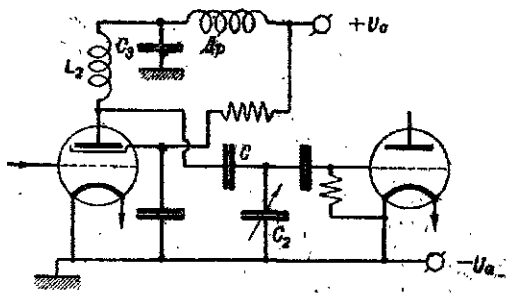


Рис. 46. Схема усиления высокой частоты.

Во избежание короткого замыкания анодной батареи при случайном замыкании пластин переменного конденсатора в схему обычно вводят еще последовательно с последним постоянный конденсатор C большой емкости, помещая его между анодом и неподвижными пластинами C_2.

На экранирующую сетку первой лампы подается напряжение порядка 60÷1280 *в*. Для шунтирования токов высокой частоты

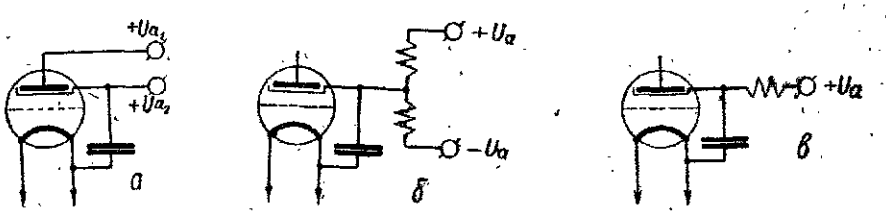


Схема подачи пониженного анодного напряжения на экранирующую сетку

экранирующая сетка соединяется с катодом через конденсатор в 5000÷10 000 *см*.

Пониженное анодное напряжение подается на экранирующую сетку одним из способов, показанных на рис. 47. Экранирующую сетку лампы можно питать от отвода анодной батареи или от делителя напряжения выпрямителя (схемы *а* и *б* рис. 47).

Можно между плюсом анодного питания и экранирующей сеткой включать понижающее сопротивление (схема *в*), величина которого подбирается такой, чтобы на сопротивлении падал весь излишек анодного напряжения и на сетку попадало 60÷120 *в*.

В схеме потенциометра (*б*) между плюсом и минусом анодного источника включаются два сопротивления, в сумме составляющие от 50 000 до 200 000 *ом*. Величина напряжения, подаваемого на сетку, зависит от отношения сопротивлений обоих плеч. Этот способ позволяет получать более устойчивое напряжение на сетку и не требует смены сопротивлений при замене ламп. Вместо двух постоянных сопротивлений можно применять высокоомный потенциометр.

На рис. 48 приведена схема, где усиление высокой частоты и детектирование осуществляются при помощи высокочастотных пентодов. В антенну включено сопротивление в 100 000 *ом*,

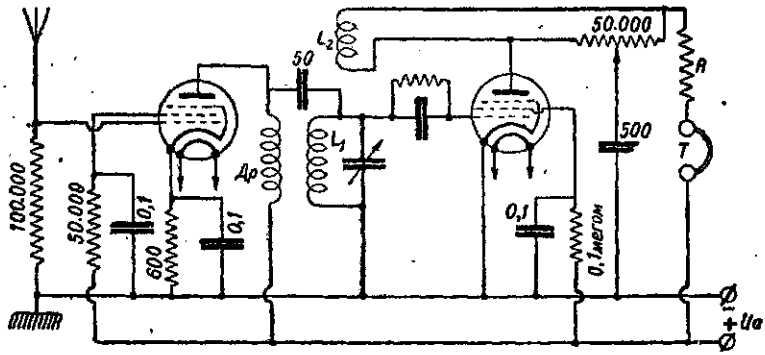


Рис. 48. Схема 1-V-0 на пентодах

которое сеточный контур высокочастотной лампы делает апериодическим. Связь лампы высокой частоты с детекторной осуществлена через конденсатор постоянной емкости в 50÷80 *см*. В цепи сетки детекторной лампы имеется колебательный контур, настраиваемый переменным конденсатором в 120÷150 *см* и связанный индуктивно с катушкой обратной связи L_2. Последняя наматывается на том же каркасе, что и катушка L_1. Для регулировки обратной связи служит потенциометр сопротивлением до 50 000 *ом*, включенный параллельно концам катушки обратной связи.

На рис. 49 показана схема усилителя высокой частоты с пентодом, так называемого блока усиления высокой частоты, допускающего присоединение к коротковолновому приемнику, не имеющему каскада усиления высокой частоты.

Напряжение на экранирующую сетку подается через сопротивление в 0,1 *мгом*. В анодную цепь включен дроссель высокой частоты, препятствующий токам высокой частоты попадать в источник питания и направляющий их через конденсатор в 100÷200 *см* в приемник. Правый зажим этого конденсатора присоединяется к зажиму „антенна" приемника 0-V-1 или

0-V-2. Зажимы „земля" приемника и блока высокой частоты соединяются вместе и заземляются. В этой схеме колебательный контур сетки лампы может быть заменен сопротивлением в 50 000÷100 000 *ом*, как в схеме рис. 48.

Каскад усиления высокой частоты без настраивающегося контура увеличивает чувствительность приемника, но не повышает его избирательности.

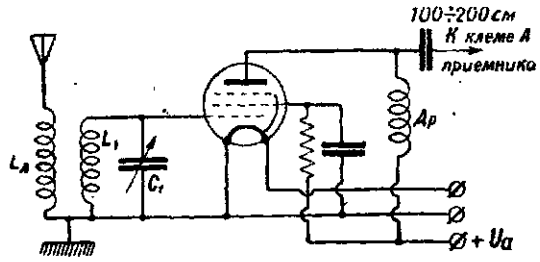


Рис. 49. Схема блока усиления высокой частоты на пентоде.

5. Усиление низкой частоты

Сигналы в приемнике после детекторной лампы обладают недостаточной силой и нуждаются в последующем усилении. Поэтому коротковолновый приемник имеет еще один или два каскада усиления низкой частоты.

Обычно применяется усиление низкой частоты на трансформаторах или на сопротивлениях (рис. 50 *а* и *б*). Усилители на

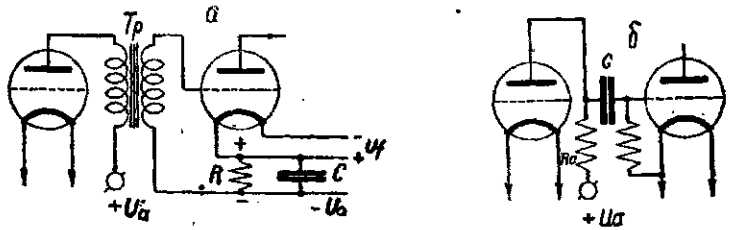


Рис. 50. Схемы усиления низкой частоты

трансформаторах дают несколько большее усиление, чем усилители на сопротивлениях, почему чаще всего и применяются в любительских приемниках.

Трансформаторы, применяемые в усилителях низкой частоты, имеют отношение чисел витков обмоток от 1:2 до 1:5.

Сопротивление, включаемое в анодную цепь лампы, имеет величину от 40 000 до 200 000 *ом*; сеточное сопротивление—от 100 000 до 500 000 *ом* и конденсатор связи от 5 000 до 10 000 *см*.

6. Сеточное смещение усилителей

Смещение на сетку усилительных ламп может быть подано от батарейки, включаемой в разрыв провода между зажимом

трансформатора и нитью. Однако, этот способ в настоящее время вышел из употребления, так как при нем требуется отдельный источник тока.

Значительно удобнее смещающее напряжение получить от анодной батареи (рис. 50 *а*). Для этого между $-U_a$ и нитью включается смещающее сопротивление R. Анодный ток, проходя по цепи через R, создает в нем падение напряжения со знаками, указанными на рис. 50 *а*, вследствие чего сетка оказывается заряженной отрицательно по отношению к нити. Для того, чтобы токи низкой частоты свободно проходили на катод, параллельно смещающему сопротивлению включается конденсатор C порядка 1—2 *мкф*.

7. Супергетеродин

Прямое усиление колебания высоких частот, которые соответствуют коротким волнам, не всегда дает нужный эффект, так как усилительная способность электронной лампы падает по мере увеличения частоты колебаний.

Принцип супергетеродинного приема заключается в том, что принятый на какой-либо короткой волне сигнал предварительно преобразовывают в колебания произвольной пониженной частоты, называемой промежуточной, и выбираемой в пределах от 30 000 до 300 000 *гц*, а затем усиливают. На этих частотах электронные лампы дают большое усиление, а сами схемы работают более устойчиво и не склонны к самовозбуждению.

Усиление на промежуточной частоте доводят до желаемых пределов, после чего колебания детектируются и превращаются в колебания звуковой частоты.

Для получения промежуточной частоты применяют метод биений (см. стр. 44): принятые колебания коротковолновых сигналов (рис. 35) складываются с колебаниями от местного маломощного генератора—гетеродина. Частота гетеродина должна быть или меньше, или больше частоты принятых сигналов на величину выбранной промежуточной частоты. В результате сложения обоих колебаний получаются биения, которые после детектирования дают колебания промежуточной частоты. Процесс происходит аналогично рассмотренному выше (см. стр. 44) процессу приема незатухающих колебаний, с той лишь разницей, что разность частот при приеме телеграфных сигналов бралась значительно меньше и соответствовала частотам звукового диапазона, в то время, как в данном случае эта разность соответствует радиоволнам длиной 500÷1000 *м*.

Колебания промежуточной частоты после усиления и детектирования (для чего в супергетеродинах имеется второй детектор) превращаются в колебания звуковой частоты.

Весь процесс можно проследить по кривым рис. 51. Приходящие модулированные колебания *а* складываются с колебаниями гетеродина *б* и создают биения *в*, подаваемые на сетку пер-

вой детекторной лампы. В результате детектирования *г* в анодном контуре детекторной лампы получатся колебания промежуточной частоты *д* (на эту частоту и настраивается анодный контур). После необходимого усиления промежуточная частота подается на второй детектор, где детектируется (*е*). После усиления низкая частота *ж*, попадает в телефон.

Схемы усилителей промежуточной частоты ничем не отличаются от усилителей высокой частоты. Разница заключается лишь в том, что усилитель промежуточной частоты обычно настраивается на фиксированную промежуточную частоту. Вследствие этого частота гетеродина должна отличаться от частоты принимаемых сигналов всегда на неизменную и строго определенную величину.

Принятые сигналы, прежде чем подать их на первый детектор, подвергают предварительному усилению, для чего в схему вводится один каскад усиления высокой частоты на экранированной лампе или на высокочастотном пентоде. Добавление высокой частоты позволяет принимать более слабые сигналы и устраняет помехи в эфире от излучения первого детектора.

Гетеродин может быть собран по любой схеме. Колебательный контур гетеродина связывается индуктивно или емкостно с цепью сетки. Однако, можно обойтись и без отдельного гетеродина, собрав первый детектор по схеме регенератора и заставив лампу генерировать собственные колебания. Прием ведут так же, как прием телеграфных незатухающих сигналов на генерирующий регенеративный приемник (по автодинной схеме). Сеточный контур настраивают на частоту, отличающуюся от частоты принимаемой станции на то число герц, на которое настроен усилитель промежуточной частоты.

Достоинством автодинной схемы является уменьшение числа ламп на одну и некоторое упрощение и удешевление конструкции приемника. Но, с другой стороны, автодинной схеме свойственен крупный недостаток—влияние обратной связи на настройку и уменьшение чувствительности вследствие расстройки приемного контура.

В последнее время вместо трехэлектродных и экранированных ламп в качестве гетеродина и первого детектора применяются специальные преобразователи частоты—пентагриды, совмещающие в одной лампе функции гетеродина и детектора. Основным преимуществом таких ламп является незначительное взаимное влияние при настройке контуров, достигаемое применением в лампе специальной экранирующей сетки. В схемах с пентагридами отсутствует какая-либо емкостная или индуктивная связь между контурами гетеродина и первого детектора. Сложение колебаний происходит внутри лампы через электронный поток.

Для усилителя промежуточной частоты чаще всего применяется схема трансформаторного усиления высокой частоты с контурами,

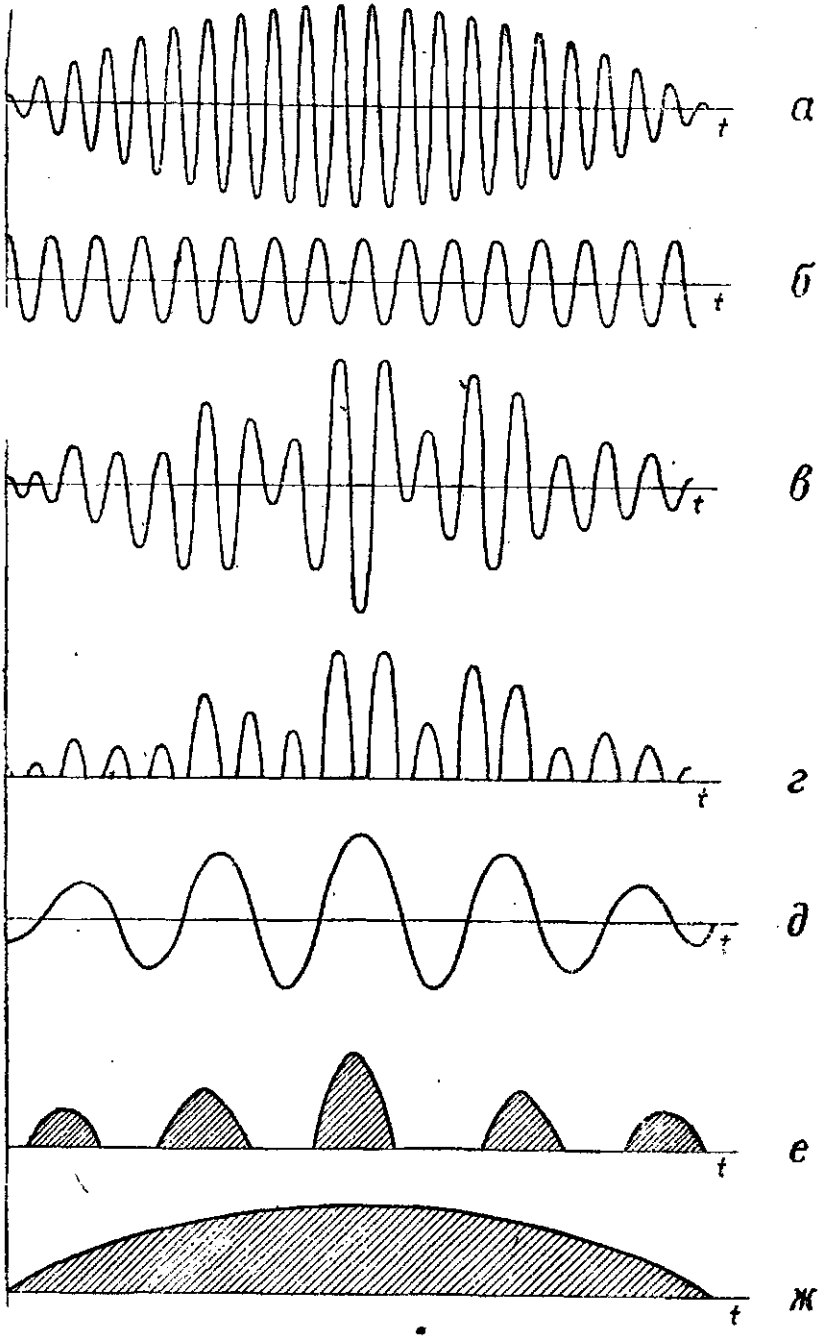


Рис. 51. Графики работы супергетеродина

настроенными на фиксированную частоту. Настроенные цепи отфильтровывают посторонние частоты, которые могут проникнуть в усилитель, и тем самым повышают его избирательность. Число каскадов усиления промежуточной частоты обычно берется от 1 до 2.

После второй детекторной лампы, детектирующей колебания промежуточной частоты, включают одно или двухкаскадный усилитель низкой частоты на трансформаторах или на сопротивлениях.

При приеме незатухающих колебаний (телеграфа) в промежуточном усилителе будут также незатухающие колебания, которые после детектирования не дадут звуковую частоту. Поэтому для приема телеграфных станций в супергетеродине устраивают второй гетеродин, который связывают со вторым детектором подобно тому, как первый гетеродин связывается с первым детектором, или же в анодной цепи второго детектора применяют обратную связь (для автодинного приема).

Создаваемые вторым гетеродином или сильной обратной связью собственные колебания, отличающиеся по частоте от незатухающих колебаний промежуточной частоты на 500 ÷ 1000 *гц* складываются с последними и дают биения звуковой частоты (как при приеме незатухающих колебаний регенеративным приемником).

8. Односигнальный прием

Хотя суперы и являются наиболее избирательными приемниками, но часто все же эта избирательность может оказаться недостаточной. Повышение избирательности супера можно достигнуть применением специальных фильтров, в частности так называемых регенеративных фильтров (рис. 52). От первой лампы усилителя промежуточной частоты катушкой L_3, включенной в цепь катода, дается обратная связь на сеточный контур, являющийся входным фильтром. Обратная связь регулируется сопротивлением $R_1 = 2000 \div 3000$ *ом*, включенным через конденсатор $C_2 = 5000 \div 10\,000$ *см*. При промежуточной частоте около 500 *кгц* L_3 имеет 30 ÷ 40 витков.

Регенеративный фильтр не только повышает избирательность, но и увеличивает усиление, даваемое каскадами промежуточной частоты. Благодаря этому практически оказывается вполне достаточно одного каскада усиления промежуточной частоты.

Высокая избирательность, получаемая при применении регенеративного фильтра, позволяет освободиться от большого недостатка, присущего всем приемникам, а именно от приема так называемого „зеркального звукового изображения".

Если мы будем настраиваться на какую-либо телеграфную станцию, то мы ее услышим в двух местах шкалы настройки:

сперва станция обнаружится на высоком тоне биений, затем тон биений будет понижаться и в момент резонанса биения прекратятся (нулевые биения). Поворачивая ручку настройки дальше, мы снова обнаружим станцию—сперва в виде биений низкого тона, который затем будет повышаться, пока станция не исчезнет

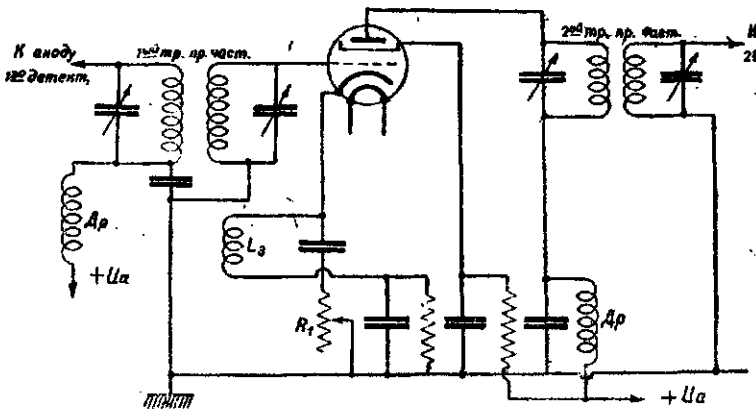


Рис. 52. Схема усиления промежуточной частоты с регенеративным фильтром

совсем. Для приема телеграфной станции нужна только одна сторона—от момента обнаружения станции до нулевых биений. Вторая же сторона не нужна совершенно, так как она создает только помехи приему других станций.

Вводя в супер регенеративный фильтр, удается одну сторону сигнала сузить, а вторую—совершенно срезать. В Америке такой метод приема носит название „односигнального приема".

9. Конвертеры

В качестве супера для приема коротких волн можно легко использовать длинноволновый вещательный приемник, имеющий хотя бы одну ступень усиления высокой частоты. Для этого к нему добавляют специальный предварительный блок, называемый конвертером и представляющий собою первый детектор супергетеродина с каскадом усиления высокой частоты на коротких волнах, так как без усиления в. ч. конвертер работает недостаточно устойчиво. Вещательный приемник настраивается на одну из наиболее длинных волн, которую может принять приемник, и каскад высотой частоты его используется в качестве промежуточного усилителя супергетеродина. Антенна присоединяется уже не к приемнику, а к конвертеру.

Конвертер может иметь две или три лампы, из которых одна лампа является усилителем высокой частоты на коротких вол-

нах. В трехламповом конвертере одна лампа работает как гетеродин, вторая—как ламповый детектор, а третья—как усилитель высокой частоты. Катушка контура детекторной лампы индуктивно или емкостно связывается с гетеродином и на сетку лампы-детектора подается добавочная частота. В результате смешения и детектирования получается пониженная, промежуточная частота, которая затем подается к зажимам „антенна-земля" приемника, где в каскаде высокой частоты усиливается. Детекторная лампа приемника

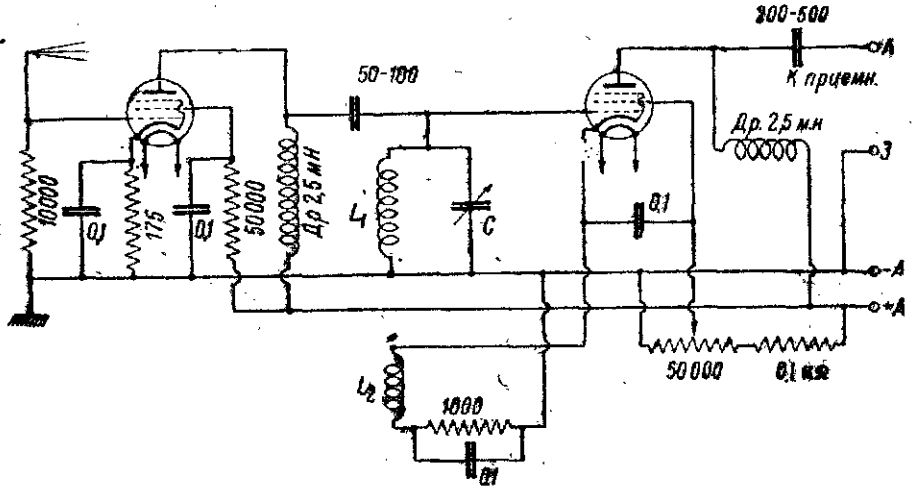


Рис. 53. Схема конвертера с пентодом

становится вторым детектором супера. При совмещении функций двух ламп—детекторной и гетеродина в одной конвертер будет иметь две лампы.

При работе с конвертером настройка длинноволнового приемника не меняется и контуры его остаются настроенными на промежуточную частоту. Настройка на принимаемую станцию производится конденсаторами конвертера.

Наиболее простая схема коротковолнового конвертера с двумя лампами—высокочастотными пентодами—приведена на рис. 53. Конвертер представляет собой коротковолновый регенеративный приемник с сильной обратной связью и каскадом усиления в. ч. с апериодическим контуром. Получающиеся биения через разделительный конденсатор в 200 *см* подаются на входные зажимы длинноволнового приемника, контуры которого настроены на промежуточную частоту.

Антенна включается в каскад в. ч., который связывается с колебательным контуром детектора емкостью 100 *см*. Между антенной и землей включается сопротивление 10 000 *ом*. Катушка обратной связи L_2 в цепи катода лампы связана индуктивно с катушкой контура L_1. В той же цепи помещено сопротивление

смещения сетки в 1 000 *ом*, зашунтированное конденсатором в 0,1 *мкф*.

Для перекрытия диапазона в 10÷200 *м* необходимы следующие четыре сменных катушки.

Диапазон *м*	Сеточная катушка	Катушка обр. связи
10÷20	5 витков пров. ПЭ диам. 0,35 *мм* шаг намотки 4,5 *мм*	7 витков пров. ПЭ 0,25 *мм*
20÷40	11 витков 0,35 *мм*, шаг 2,5 *мм*	9 витков 0,25 *мм*
40÷80	23 витка 0,35 *мм*, шаг 1,5 *мм*	11 витков 0,25 *мм*
80÷200	52 витка 0,35 *мм*, шаг 0,75 *мм*	19 витков 0,25 *мм*

Катушки L_1 и L_2 наматываются на общем каркасе диаметром 30 *мм* и длиной 50 *мм*. Между обмотками должно быть расстояние в 3—5 *мм*.

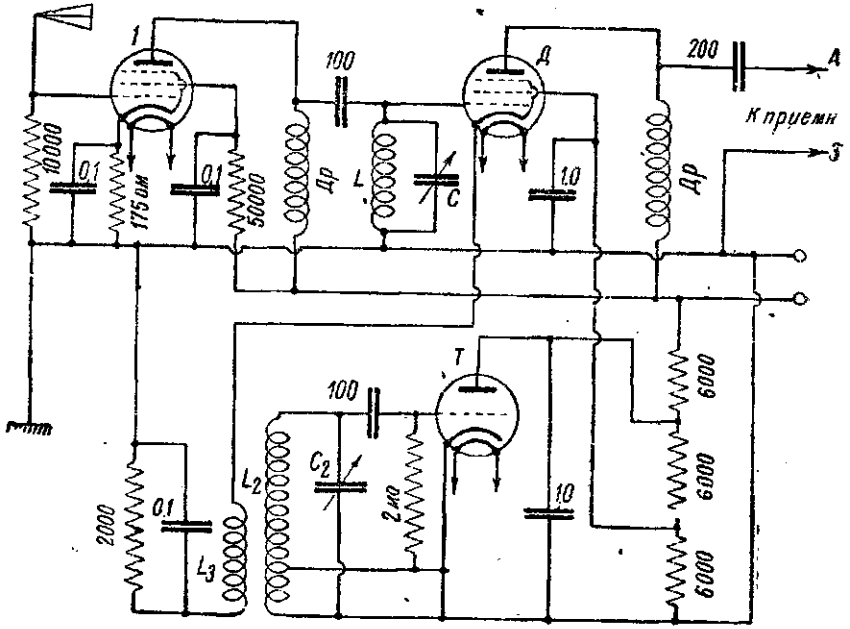


Рис. 54. Схема конвертера с гетеродином

Обратная связь регулируется изменением напряжения, подаваемого на экранирующую сетку. Для этой цели экранирующая сетка присоединяется к ползунку потенциометра в 50 000 *ом*,

включенного в цепи анода между минусом анодного напряжения и сопротивлением в 0,1 *мгом*. Для блокировки токов высокой частоты между ползунком потенциометра и катодом включен постоянный конденсатор в 0,1 *мкф*. Питание анода лампы происходит через дроссель с самоиндукцией 2,5 *мгн*. Токи промежуточной частоты не проходят через дроссель, а попадают через конденсатор в 200 *см* на антенный зажим длинноволнового приемника.

Схема коротковолнового конвертера с тремя лампами—усилителем высокой частоты, гетеродином и детектором показана на рис. 55, приходящие сигналы предварительно усиливаются каскадом усиления в. ч.

В нижней части показан маломощный коротковолновый генератор—гетеродин. По схеме это регенеративный приемник с сильной обратной связью. Изменение частоты генерируемых колебаний регулируется конденсатором переменной емкости в 150 *см*. Генераторной лампой является триод СО-118, усилителем в. ч.—пентод СО-182 и детектором также СО-182.

Настройка конвертера производится одновременно двумя конденсаторами—C и C_2.

10. Детали приемника

Лампы. Для коротковолновых приемников применяются те же лампы, что и для приема длинных волн.

В коротковолновом приемнике необходимо обратить особое внимание на амортизацию ламповой панели. Очень удобно под ламповые гнезда, смонтированные на полоске эбонита, поместить кусок резиновой губки с вырезом, сделанным непосредственно под ламповыми гнездами.

Катушки контура являются наиболее ответственной частью коротковолнового приемника. От конструкции и материала катушек зависит их качество, т. е. величина потерь.

Источником потерь в катушках прежде всего может быть материал проводника и изоляции. Обычно применяют для катушек медный посеребреный провод. Диаметр его берется от 0,5 до 1 *мм*.

Изоляционные обмотки проводов, в особенности хлопчатобумажная оплетка, обладают способностью впитывать в себя влагу и тем самым понижать изоляцию, что ведет к утечке токов, протекающих по катушке, и сильно сказывается на качестве работы последней.

Каркас катушек делают возможно более тонким и покрывают сверху шеллаком, если материал его не представляет достаточно хорошего изолятора.

Главные же потери в катушках получаются из-за распределенной емкости между витками. Эта емкость, слагаясь из отдельных емкостей между витками и из емкости витков по отношению

к земле, создает собственное электрическое поле, в котором находятся как изоляция проводов, так и каркас, на котором укреплены витки.

Диэлектрики вносят свои потери и сильно увеличивают сопротивление катушки. Кроме того собственная емкость вызывает перераспределение тока в катушке.

Вредные влияния распределенной емкости сказываются особенно тогда, когда часть катушки не включена в контур. Тогда эта часть катушки вместе с распределенной емкостью образует второй контур с собственной частотой колебаний и может отсасывать энергию из основного контура, поэтому в коротковолновых приемниках избегают применять катушки с отводами. Вместо этого применяют по отдельной катушке для каждого диапазона— так называемые сменные катушки, которые приключаются к конденсатору контура либо с помощью переключателя, либо путем замены одной катушки другой.

Наилучшими катушками для коротких волн являются однослойные цилиндрические катушки. Для еще большего уменьшения их междувитковой емкости намотку производят для более высоких частот так, чтобы между витками оставалось некоторое расстояние, равное от половины до нескольких диаметров намотанного провода. При экранировании катушек короткие катушки большого диаметра невыгодны и лучше применять катушки с большой длиной намотки, но с небольшим диаметром. Наивыгоднейшее отношение длины экранируемой катушки к ее диаметру лежит около единицы.

Наиболее простая конструкция сменной катушки, изготовленной из лампового цоколя, показана на рис. 55*а*. На ламповый цоколь надевается картонный или целлулоидный цилиндр такого диаметра, чтобы катушка плотно сидела на цоколе. На каркасе помещаются две обмотки: контура и обратной связи или же контура и катушки связи с антенной, на расстоянии $4 \div 10$ *мм* друг от друга. Концы намотки пропускаются через низ цоколя и припаиваются к его ножкам. Концы каждой из обмоток следует припаивать к ножкам, находящимся на противоположных сторонах цоколя.

Изолированный провод для волн $80 \div 160$ *м* берется диаметром в $0{,}4 \div 0{,}6$ *мм*, а для более коротких волн в $0{,}6 \div 1{,}0$ *мм*. Для волн $10 \div 20$ *м* желателен диаметр провода $1{,}0 \div 2{,}0$ *мм*.

Диаметр каркаса цилиндрических катушек берется обычно от 2 до 5 *см*.

Для уменьшения диэлектрических потерь катушки, намотку производят часто не на цилиндрических, а на ребристых каркасах (рис. 55 *б* и *в*).

При такой системе намотки витки ее касаются изолирующего материала только на ребрах.

Если сечение провода достаточно велико ($1 \div 2$ *мм*), то катушку самоиндукции можно изготовить и без каркаса в виде

спирали, скрепленной только двумя изоляционными планками (рис. 55 *г*). Диаметр таких катушек обычно берется в $4 \div 6$ *см*.

На рис. 55 *д* показана корзиночная бескаркасная катушка. Для ее изготовления на доску по окружности вбивается от 9 до 15 гвоздей (число гвоздей должно быть нечетным), а намотку катушки производят через один гвоздь. После того, как необходимое число витков намотано, проволока в местах соприкосно-

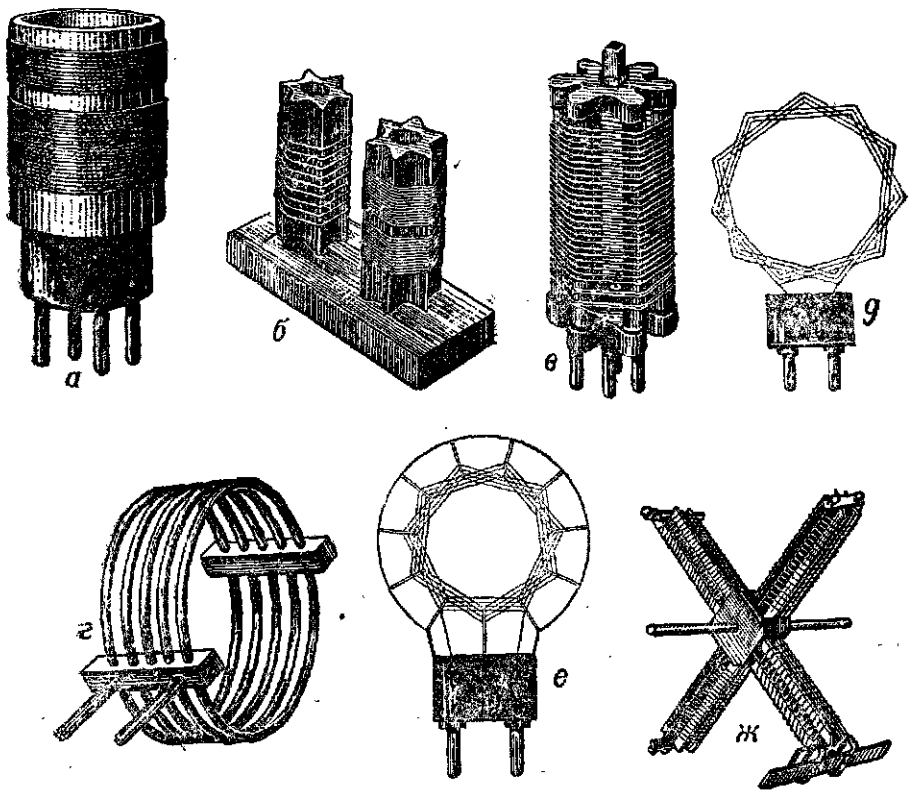


Рис. 55. Различные конструкции катушек приемника

вения соседних витков склеивается коллодием или шеллаком. Для большей прочности эти места можно еще перевязать тонкой ниткой. Концы намотки укрепляются в штепсельную вилку. Диаметр катушки берется от 4 до 6 *см*. Провод следует брать не тоньше $0{,}7 \div 0{,}8$ *мм*, лучше в $1{,}5 \div 2$ *мм*.

Галеточнаа катушка, смонтированная на штепсельной вилке, видна на рис. 55 д. Для ее изготовления вырезают картонный кружок по форме, изображенной на рисунке, и делают на нем нечетное число прорезей от 9 до 13. Намотку производят через одну прорезь; концы ее припаивают к ножкам штепсельной вилки.

Галеточные катушки обладают сравнительно большой распределенной емкостью.

Наиболее употребительные размеры галетных катушек: внутренний диаметр—3÷4 *см*, наружный 4÷6 *см*. Диаметр провода для волн 20÷40 *м* берется от 0,8 до 1,5 *мм*, а для волн длиннее 40 *м*—от 0,4 до 0,8 *мм*.

Прессшпан или картон должен быть достаточно прочным и толщина его не должна быть меньше 1,5÷2 *мм*.

Для большего удобства смены катушек при переходе с одного любительского диапазона на другой в современных коротковолновых приемниках стали применять так называемые револьверные катушки (рис. 55*ж*).

Катушки монтируются на общей вращающейся стойке и имеют в верхней своей части по два контакта. При повороте оси блока одна из катушек соединяется с пружинными клеммами, неподвижно установленными на панели приемника, ненужная же катушка выключается и отходит в сторону. Если приемник имеет не один, а несколько контуров, то монтируют несколько таких комплектов катушек на одной оси. При этом каждый комплект катушек помещают в металлический экран.

В табл. 10 приведены данные цилиндрических катушек, намотанных на каркасе из прессшпана и на ламповых цоколях, и галеточных. В таблице даны числа витков антенных катушек L_A, катушек контура L_1, катушек обратной связи L_2, наиболее короткие и длинные волны, получаемые при конденсаторе переменной емкости в 100 *см*, и диаметры проводов контурных катушек. Антенную катушку и катушку обратной связи можно делать из более тонкого провода.

При наличии двух настраивающихся контуров, при усилении высокой частоты обе контурные катушки делаются одинаковыми. При трансформаторной связи каскада высокой частоты с детекторным каскадом, первичная катушка на волнах до 50÷60 *м* имеет одинаковое число витков с контурной катушкой, а на более длинных волнах—от $^1/_2$ до $^3/_4$ числа витков контурной катушки.

Катушка обратной связи обычно наматывается на том же каркасе, что и катушка контура. Диаметр провода катушки обратной связи особой роли не играет и берется в пределах от 0,1 до 0,3 *мм*.

Число витков катушки обратной связи лучше всего определяется опытным путем, но ориентировочно можно считать, что при работе на волнах от 10 до 20 *м* число витков обратной связи должно составлять 0,6÷0,8 числа витков катушки контура, при волнах от 20 до 50 *м*—от 0,4 до 0,6, а при волнах от 50 до 120 *м*—от 0,1 до 0,3 витков контурной катушки.

Дроссели высокой частоты. На дроссель возлагается задача не пропускать токи высокой частоты в низкочастотные части схемы и в источники питания. В дросселях высокой частоты

Таблица 10

Число витков L_A	Число витков L_1	Число витков L_2	λ_k *м*	λ_g *м*	Диаметр провода катушки L_1	Размеры каркаса
			Цилиндрические катушки			
2	5	3÷4	10÷12	30÷35	1,2÷1,5	Диаметр—50 *мм*
3	11	5÷7	22÷25	50÷60	0,8÷1,2	
4	18	8÷10	35÷40	80÷90	0,5÷0,7	Длина намотки
5	30	10÷12	70÷80	150÷170	0,4÷0,5	—20 *мм*
			Катушки на ламповых цоколях			
2	3,5	4	10÷12	20÷25	1,2	Диаметр
4	8,5	6	18÷20	35÷40	0,8÷1,0	—40 *мм*
5	17,5	11	30÷33	50÷60	0,6÷0,8	
6	30,5	14	42÷45	70÷80	0,5÷0,6	
8	50,5	22	60÷65	115÷130	0,4÷0,5	
			Галеточные катушки			
2	3	3	13÷15	25÷30	0,9÷1,0	Внутр. диам.—50 *мм*
2	5	3	18÷20	35÷40	0,9÷1,0	
3	8	5	22÷25	45÷50	0,8	Наружный
3	16	8	40÷45	90÷100	0,7	диам.—70 *мм*
5	25	16	80÷90	170÷180	0,5	

большую роль играет распределенная емкость, так как при наличии ее дроссель уже не сможет запирать высокую частоту, а будет пропускать ее через себя. Дроссели высокой частоты чаще всего изготовляются в виде однослойной цилиндрической катушки диаметром от 15 до 30 *мм*. Для уменьшения емкости дросселя делают иногда секционированными. Для этого всю намотку разбивают на несколько частей и наматывают каждую часть на расстояние 5÷8 *мм* друг от друга.

Для определения числа витков дросселя можно пользоваться следующим методом.

Задаются собственной длиной волны дросселя, которую считают в $2^1/_2$ раза короче максимальной волны приемника. Так при максимальной волне приемника в 125 *м*, собственная волна дросселя должна быть равна 50 *м*. Полученную таким образом собственную длину волны дросселя делят на 5 и получают необходимую для намотки дросселя длину провода в метрах.

Для намотки дросселей берется провод возможно меньшего диаметра—от 0,08 до 0,15 *мм* ПЭ или ПШО. Так как хорошие результаты получаются от дросселя, обладающего большим омическим сопротивлением, то рекомендуется брать не медный провод, а провод из материала, имеющего высокое омическое сопротивление, например нихром, никелин и т. п. Дроссель, изготовленный таким образом, хорошо будет работать на довольно большом диапазоне волн. Пределы его хорошей работы будут заключаться в диапазоне от волны в полтора раза меньшей собственной длины волны дросселя до волны в $2^1/_2$ раза большей собственной длины волны.

Конденсаторы контура. Об особенностях конденсаторов, предназначаемых для любительских (не слушательских) приемников, говорилось в начале главы. Для получения наилучших результатов по избирательности и усилению необходимо стремиться к возможно меньшему затуханию контура. Это достигается в частности минимальной емкостью контура. Следовательно, выгодно брать катушку с возможно большей самоиндукцией, а конденсатор минимальной емкости. Но для настраивающихся контуров нельзя получить одинаково хорошие результаты для всех точек диапазона. Кроме того при соблюдении указанных условий для перекрытия диапазона пришлось бы брать большое число сменных катушек, что весьма неудобно.

Обычно для волн до 80÷90 *м* берется конденсатор с максимальной емкостью 100÷125 *см*. Для волн 80÷200 *м* можно применять конденсаторы в 250 *см*.

Конденсаторы большей емкости хотя и расширяют диапазон волн при данной контурной катушке, но зато затрудняют настройку и благодаря большой начальной емкости не позволяют вести прием более коротких волн.

Контурный конденсатор должен иметь минимальную начальную емкость, прочную конструкцию, плавный ход, хороший нетрущийся контакт подвижной системы, хорошую изоляцию, удобное крепление к панели и небольшие габариты.

Лучшими конденсаторами, выпускаемыми нашей промышленностью, являются так называемые „золоченые" конденсаторы з-да им. Козицкого, сделанные из латуни и смонтированные на двух эбонитовых щечках. Они имеют нетрущийся контакт с подвижной частью, выполненный в виде гибкой ленточки. Крепление к панели производится одной гайкой. Минимальная емкость таких конденсаторов следующая: при $C_{max} = 125$ *см*, $C_{min} = 10 \div 15$ *см*; при $C_{max} = 140$ *см*, $C_{min} = 15 \div 18$ *см*; при $C_{max} = 250$ *см*, $C_{min} = 15 \div 20$ *см*.

Основным требованием, предъявляемым к контурному конденсатору, являются минимальные потери. В этом отношении воздушные конденсаторы имеют значительные преимущества перед конденсаторами с каким-либо твердым диэлектриком, помещенным между пластинами.

По своей конструкции конденсаторы переменной емкости почти ничем не отличаются от конденсаторов, применяемых для длинных волн. Важно, чтобы в конструкции конденсатора применялось возможно меньше твердого диэлектрика. При монтаже следует землю присоединять к подвижной системе пластин.

Конденсаторы обратной связи—в схемах Рейнарца, Шнелля и Виганта делаются также переменными. По своей конструкции они ничем не отличаются от конденсаторов контура. Для обратной связи допустимы также переменные конденсаторы с твердым диэлектриком между пластинами (например, зав. им. Орджоникидзе).

Максимальная емкость конденсатора обратной связи—около 200÷250 *см*. Так как в схемах Виганта и Рейнарца между пластинами получается полное анодное напряжение, то конденсатор предварительно должен быть испытан на пробой на двойное рабочее напряжение. Кроме того рекомендуется последовательно с конденсатором обратной связи включать конденсатор большой постоянной емкости на двойное рабочее напряжение.

Связь с антенной. Связь приемника с антенной осуществляется или емкостно, или индуктивно.

При емкостной связи между антенной и тем концом катушки контура, который приключается к сетке лампы, вводится конденсатор C_A емкостью от 5 до 30 *см* (рис. 56*а*). Для удобства отстройки и для повышения селективности приемника антенный конденсатор часто делается „полупеременным".

При индуктивной связи между антенной и землей включается специальная катушка L_A (схема *б*), которая индуктивно связывается с катушкой контура. Антенная катушка имеет от 1 до 10 витков. Наматывается она на общий каркас с катушкой контура на расстоянии в 5÷15 *мм* от последней. Иногда антенная катушка наматывается на самостоятельный каркас, помещаемый внутри или снаружи каркаса катушки контура.

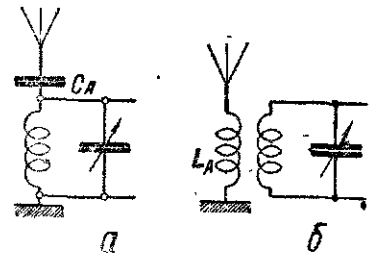


Рис. 56. Емкостная (*а*) и индуктивная (*б*) связь с антенной

„Полупеременный" конденсатор состоит из двух пластин: одна из которых выполняется в виде прямой, а вторая—изогнутой металлической полоски (рис. 57). Расстояние между пластинами берется в 2—3 *мм*. Отгибая или пригибая верхнюю пластину к нижней можно уменьшать или увеличивать емкость конденсатора. В некоторых случаях к верхней пластине припаивают гайку и через нее пропускают винт, который, упираясь в полоску изоляционного материала, положенную на нижнюю пла-

стинку, позволяет регулировать воздушный зазор и менять емкость конденсатора.

Экранировка играет в современных коротковолновых приемниках большую роль. Она выполняется как в виде полного экранирования каскадов друг от друга, так и в виде экранирования отдельных деталей. Особенно большое значение имеет экранировка катушек.

При экранировании катушек контуров, металлическая масса экрана попадает в поле катушки и вызывает увеличение ее затухания и уменьшение самоиндукции, причем влияние экрана будет тем больше, чем ближе экран расположен к катушке.

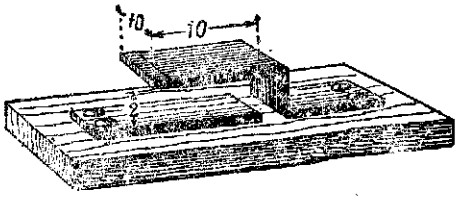


Рис. 57. Полупеременный конденсатор

Экран слишком малого диаметра резко уменьшит самоиндукцию катушки.

Приближение экрана к торцу катушки не имеет большого значения.

Наиболее выгодным является такой экран, диаметр которого в 1,8÷2 раза превосходит диаметр катушки.

Кроме катушки контура следует экранировать также и дроссели высокой частоты. Их помещают в цилиндрические экраны, диаметр которых может не на много превышать диаметр дросселя.

Следует также экранировать и переднюю панель приемника, на которой располагаются органы управления. Очень удобно переднюю панель делать из листа алюминия толщиной 3÷5 *мм* и покрыть его с наружной стороны цветным матовым лаком. Металлической желательно делать и горизонтальную панель, на которую монтируются лампы, катушки и другие детали.

В каскадах усиления высокой частоты следует тщательно экранировать анодную цепь лампы высокой частоты, т. е. соединительные провода, конденсаторы, а также и всю лампу высокой частоты. Для этого соединительный провод заключают в гибкую металлическую броню, роль которой может играть голый провод, диаметром 0,5÷0,7 *мм*, обматываемый вокруг гибкого провода спиралью.

Конденсатор связи можно помещать внутри экрана катушки. Лампу высокой частоты помещают в металлический цилиндр с надевающейся крышкой.

Переменные конденсаторы разных каскадов можно не заключать в чехлы (специальные коробки), но между ними надо ставить перегородки так, чтобы неподвижные пластины конденсаторов были полностью разделены экраном.

Ни в коем случае нельзя пользоваться экраном в качестве проводника при монтаже схемы, так как в этом случае, несмотря

на хорошую экранировку, могут возникнуть нежелательные паразитные связи. Все экраны приемника следует тщательно заземлить специальным проводом.

11. Работа с приемником

Обращение с регенеративным коротковолновым приемником весьма простое. Для приема телеграфных любительских станций поворачивают ручку обратной связи до возникновения генерации, затем, медленно вращая конденсаторы настройки, обнаруживают работу телеграфной станции. После этого, уменьшая обратную связь, но не до срыва генерации и одновременно подправляя настройку, добиваются наилучшей слышимости и наиболее приятного тона сигналов.

Для приема телефонной станции поступают так же, но обратную связь уменьшают настолько, чтобы генерация прекратилась. Затем, осторожно увеличивая обратную связь, одновременно вращая ручки настройки, стремятся получить наиболее громкий и чистый прием.

Однако, построенный приемник может не заработать сразу или же не дать хороших результатов. При этом в первую очередь нужно проверить напряжение источников тока, целость ламп и правильность присоединения проводов питания.

Ниже мы даем перечень наиболее часто встречающихся в любительских коротковолновых регенеративных приемниках недочетов и мер устранения их.

Генерация отсутствует при любом положении ручки обратной связи. Чаще всего это бывает от неправильного присоединения концов катушки обратной связи. Следует переключить концы катушки. Если это не даст результатов, следует увеличить число витков катушки обратной связи и сменить дроссель высокой частоты.

Генерация возникает, но не на всем диапазоне. Увеличить число витков катушки обратной связи, подобрать дроссель высокой частоты, увеличить анодное напряжение, подобрать гридлик.

Генерация возникает слишком резко. Уменьшить число витков катушки обратной связи, уменьшить анодное напряжение детекторной лампы; подобрать гридлик.

В телефоне слышатся регулярные щелчки, как при капании воды. Отсоединилось сопротивление утечки сетки или имеется обрыв в цепи сетки.

Трески. Недоброкачественные сопротивления утечки сеток; плохой контакт в схеме.

Трески при вращении конденсатора настройки или обратной связи. Короткое замыкание конденсатора; следует найти место замыкания и немного отогнуть замыкающую пластину.

Шумы в телефоне вызываются многими причинами. Чаще всего они бывают от недостаточного смещения или отсутствия

его в одной из ламп; неправильно подобранного гридлика или плохого качества его, и наконец от плохой лампы;

Свист, не пропадающий при прекращении генерации приемника, бывает вследствие плохой экранировки или наличии какой-либо паразитной связи. Это—наиболее трудно устранимый недостаток и требует проверки всей схемы и монтажа.

Для большей простоты рекомендуется сперва наладить регенеративный приемник без каскадов усиления низкой частоты, а затем, после того как генератор будет работать достаточно удовлетворительно—присоединить усилительную часть и проверить работу всего приемника в целом.

12. Выбор схемы приемника

Какую из схем выбрать для самостоятельного изготовления зависит в первую очередь от квалификации и опыта любителя.

Сложные и многоламповые схемы дают, как правило, хорошие результаты только тогда, когда любитель, строящий эту схему, имеет достаточный опыт по постройке, налаживанию и работе с более простыми схемами.

Для начинающего коротковолновика можно поэтому рекомендовать приемник Шнелля или Виганта с каскадом усиления высокой частоты на экранированной лампе или высокочастотном пентоде.

Для квалифицированного коротковолновика наиболее подходящим приемником будет 1-V-2 с усилением высокой частоты пентодом или экранированной лампой и с экранированным пентодным или трехэлектродным детектором. При большом опыте в коротковолновом приеме можно приступить к сборке супергетеродина. Для слушательских целей особенно удобен конвертер, который при наличии длинноволнового приемника с усилением высокой частоты (типа РФ, ЭЧС, ЭКЛ и т. п.) даст возможность вести коротковолновый прием при минимуме затраты средств и времени на постройку коротковолнового приемника.

13. Конструкции приемников

1-V-1 с питанием постоянным током

Схема приемника (рис. 58) состоит из: каскада высокой частоты, лампового детектора с обратной связью и каскада низкой частоты. Приемник рассчитан на питание накала от постоянного тока, т. е. от аккумуляторов или батареи элементов, анода—от выпрямителя или батареи элементов в 120÷160 *в*.

Настройка приемника производится двумя контурами. Первый контур связан с антенной катушкой и находится в цепи сетки первой лампы. Второй контур помещен в цепи ее анода. От второго контура колебания передаются через конденсатор C_5

на сетку детекторной лампы. Для уничтожения емкостного влияния рук оператора подвижные пластины конденсатора C_1 заземляются, а анод первой лампы присоединяется к неподвижной системе пластин конденсатора C_2.

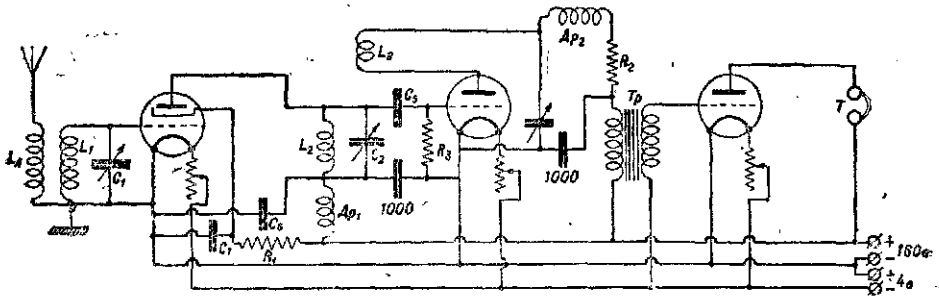


Рис. 58. Схема приемника 1-V-1

Обратная связь осуществлена по Шнеллю. Катушка обратной связи намотана на общий каркас с катушкой L_2. Детекторная лампа требует несколько пониженного напряжения, для чего в ее анодную цепь вводится сопротивление R_2.

Катушки мотаются на картонных цилиндрах, диаметром 40 *мм*, укрепленных на цоколе от лампы. Числа витков и диаметры проволоки для различных диапазонов приведены в таблице 11. Ка-

Таблица 11

	L_A		L_1		L_2		L_3	
	Число витков	Диам. провода *мм*	Число витков	Диам. провода *мм*	Число витков	Диам. провода *мм*	Число витков	Диам. провода *мм*
20	1,5	0,8 ÷ 1	6,5	0,7 ÷ 0,8	6,5	0,7 ÷ 0,8	4,5	0,3 ÷ 0,4
40	1,5	0,8 ÷ 1	17,5	0,7 ÷ 0,8	17,5	0,7 ÷ 0,8	10,5	0,3 ÷ 0,4
80	2,5	0,8 ÷ 1	35,5	0,5 ÷ 0,7	35,5	0,5 ÷ 0,7	25,5	0,3 ÷ 0,4

тушки наматываются таким образом, чтобы расстояние между отдельными витками равнялось толщине проволоки. Концы намоток припаиваются к ножкам лампового цоколя. Верньер для C_2 берется с отношением около 1 : 50. Для конденсатора C_1 достаточен верньер сотношением 1 : 10 или 1 : 15. На конденсатор обратной связи верньер ставить не надо.

Контурные конденсаторы имеют емкость 125 *см*, а конденсатор обратной связи — 250 *см*.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ — обычные коротковолновые. Сопротивление R_1 имеет около 50 000 ÷ 60 000 *ом*. R_2 — от 10 000 до

30 000 *ом*, R_3—3÷4 *мгом*. Конденсаторы: C_7 = 2 000 *см*, C_5 = 250 *см*, C_6 = 10 000 *см*.

Лампы: для первого каскада берется СБ-112 или СБ-147. Для остальных каскадов—УБ-107 или УБ-110.

КУБ-4

КУБ-4 (рис. 59) представляет собой весьма распространенный у нас промышленный четырехламповый приемник с усилением высокой частоты, детекторным каскадом и двумя каскадами усиления низкой частоты. Из них первый каскад—с трансформаторной связью, а второй каскад—на сопротивлениях. Приемник перекрывает диапазон волн от 12 до 200 *м* с помощью комплекта в 5 пар катушек.

Катушка	№ 1	дает	диапазон	волн	от	10	до	19 *м*
„	№ 2	„	„	„		19	„	34 „
„	№ 3	„	„	„		34	„	69 „
„	№ 4	„	„	„		69	„	112 „
„	№ 5	„	„	„		112	„	200 „

Каждая катушка намотана на каркас, напоминающий по своей форме ламповый цоколь и имеющий снизу 4 штепсельных ножки. Концы катушки выведены и припаяны к этим ножкам.

Антенная и сеточная катушки первой лампы намотаны на общем каркасе. Также вместе намотаны и анодная катушка первой лампы и катушка обратной связи.

Обратная связь регулируется изменением напряжения, подаваемого на анод детекторной лампы. Эти изменения осуществляются своего рода потенциометром, составленным из двух плеч: одного—постоянного сопротивления (Каминского) и второго—переменного—электронной лампы с закороченными между собой сеткой и анодом. При изменении накала этой лампы меняется соотношение плеч потенциометра и таким образом регулируется анодное напряжение детекторной лампы.

Ящик приемника—металлический. Он разделен внутри поперечными экранами на три части. В первой находится каскад высокой частоты, во второй—детектор, а в третьей—усилитель низкой частоты. Для настройки контуров применены верньеры, дающие очень точную и плавную настройку.

В каскаде высокой частоты применяется лампа СБ-112 или СБ-147; в качестве детектора—лампа УБ-107 или УБ-110. Первый каскад низкой частоты работает также на лампе УБ-107 или УБ-110. В оконечном каскаде применяются лампы УБ-107, УБ-110 или УБ-132. Для регулировки обратной связи—УБ-107 или УБ-110.

Для питания приемника требуется 120 *в* для анода, 40 *в* для экранирующей сетки, 4 *в* для накала и 2 *в* для смещения на сетке ламп усиления высокой и низкой частоты.

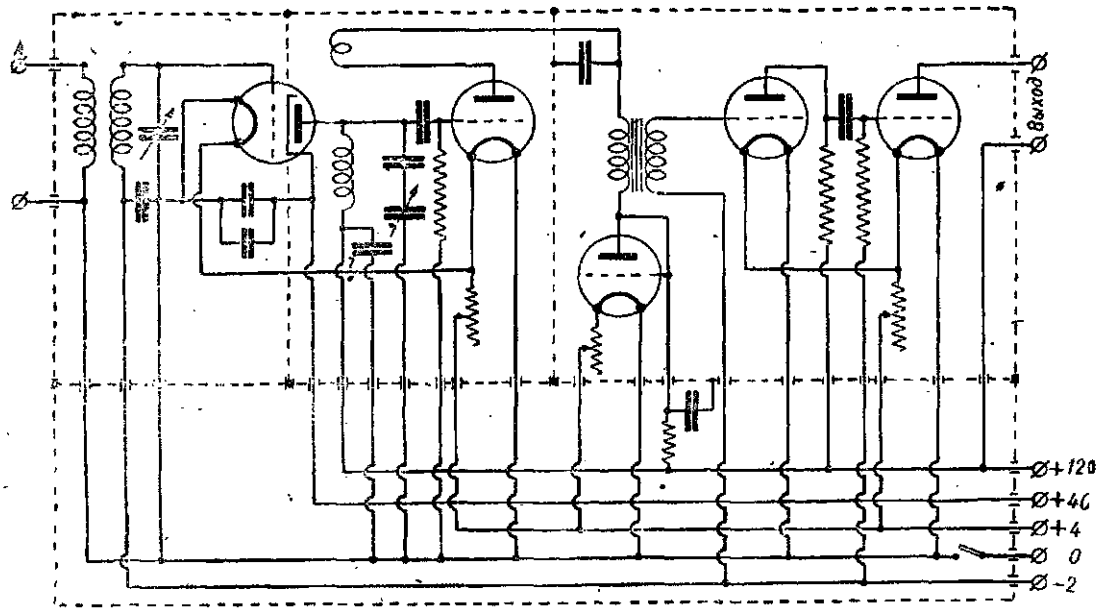


Рис. 59. Схема приемника КУБ-4

Модернизированный приемник КУБ-4

КУБ-4 обладает целым рядом крупных недостатков, снижающих качество приемника.

Эти недостатки следующие:

1) необходимость иметь два напряжения—40 и 120 *в* для анодных и экранных цепей;

2) смещающее напряжение на сетку последней лампы мало;

3) для смещения требуется отдельная батарея в 2 *в*;

4) анодное напряжение лампы высокой частоты и оконечной лампы мало;

5) в приемнике отсутствуют развязки.

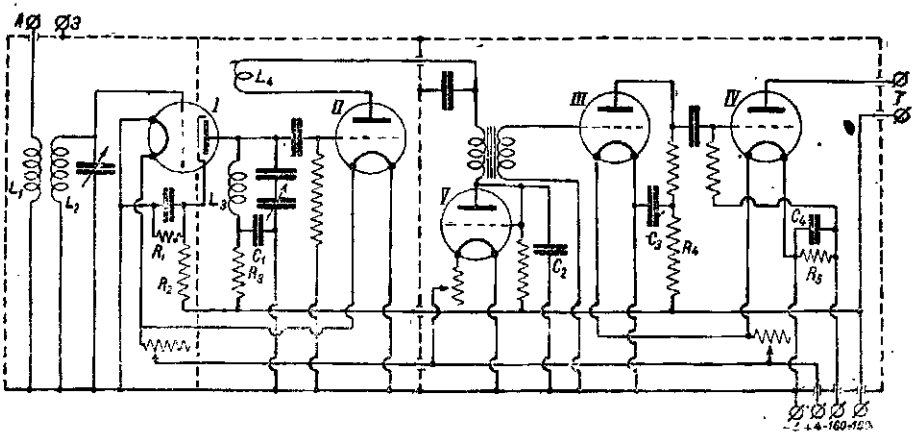


Рис. 60. Схема модернизированного приемника КУБ-4

Все эти недостатки могут быть легко устранены. „Модернизированная" схема приемника КУБ-4 дана на рис. 60. Улучшение схемы сводится к следующему:

1) в схему добавляется делитель напряжения R_1—R_2 для питания экранирующей сетки от анодной батареи. R_1 имеет от 20 000 до 35 000 *ом*, а R_2—на 20÷25% больше, чем R_1. Конденсатор, шунтирующий R_1, имеет емкость 0,1÷0,25 *мкф*;

2) для смещения на сетке оконечной лампы включается сопротивление R_5 в 600÷700 *ом*, шунтируемое конденсатором в 0,5 *мкф*.

Конденсатор постоянной емкости, входящий в первый контур, и все лишние провода удаляются;

3) добавляются сопротивления R_3 в 10 000 *ом* и R_4 в 15 000—20 000 *ом* и конденсаторы, шунтирующие эти сопротивления по 0,1÷0,25 *мкф*;

4) анодное напряжение повышается до 160 *в*.

1-V-1 на переменном токе

(Конструкция Б. Хитрова журн. „Радиофронт" № 22 1934 г.).

Схема (рис. 61) не является уже современной, но она может служить образцом приемника на подогревных лампах.

Приемник работает на лампах СО 124, СО-124 и СО-118. Данные деталей: C_1, C_3 и C_5—по 125 *см*; C_2 и C_4—по 20 *см* (из одной подвижной и одной неподвижной пластины). Эти конденсаторы желательно сдвоить на общую ось. C_6, C_7, C_9 и C_{12}—по 5000 *см*; C_8 и C_{11}—по 1000 *см*; $C_{10} = 200$ *см*, $C_{13} = 0{,}5$ *мкф*.

Сопротивления: $R_1 = 40\,000$ *ом*, $R_2 = 60\,000$ *ом*, $R_3 = 300$ *ом*, $R_4 = 30\,000$ *ом*, $R_5 = 90\,000$ *ом*, $R_6 = 3 \div 4$ *мгом*, R_7 и R_8 по 200 000 *ом*, R_9 и R_{10} по 100 000 *ом*, $R_{11} = 50\,000$ *ом*, $R_{12} = 1000$ *ом*.

Сопротивления R_7, R_8, R_9, R_{10} и R_{11}, представляют собой регулятор громкости и утечку сетки 3-й лампы; гроссели $Др_1$ и $Др_2$— по 160 витков провода 0,2 *мм* на каркасах, диаметром 25 *мм*.

Катушки—сменные, мотаются на цилиндрах, диаметром 40 *мм*, укрепленных на ламповых цоколях.

Для катушек L_3, L_4 и L_5 берется пятиштырьковый цоколь; шестой вывод припаивается к контакту, укрепленному на стенке цоколя.

Катушки мотаются проводом ПШД—0,5 *мм*. Витки укладываются вплотную. Расстояние между намотками 8 *мм*. Числа витков катушек приведены в табл. 12.

Таблица 12

Диапазон	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
20 *м*	3	5,5	4	4,5	3
40 „	7	12	10	11	6
80 „	14	24	12	22	11

Включение катушек, составляющих трансформатор высокой частоты, производится следующим порядком: начало L_3—к $Др_1$; конец L_3—к аноду; начало L_4—к катоду, конец L_4—к сетке; начало L_5—к аноду; конец L_5—к $Др_2$. Заменив в этом приемнике первую лампу пентодом высокой частоты СО-182, а последнюю лампу пентодом низкой частоты СО-187 или СО-122 и, подобрав их режимы, можно значительно улучшить приемник, приблизив его по качеству работы к хорошим современным приемникам.

Супергетеродин на подогревных лампах

(Конструкция Б. Хитрова, журн. „Радиофронт" № 17—18 1935 г.)

В схеме (рис. 62) имеется отдельный гетеродин в первом детекторе и обратная связь. Последняя служит здесь исключительно для усиления приема и повышения избирательности. Обратная связь при приеме не доводится до возникновения гене-

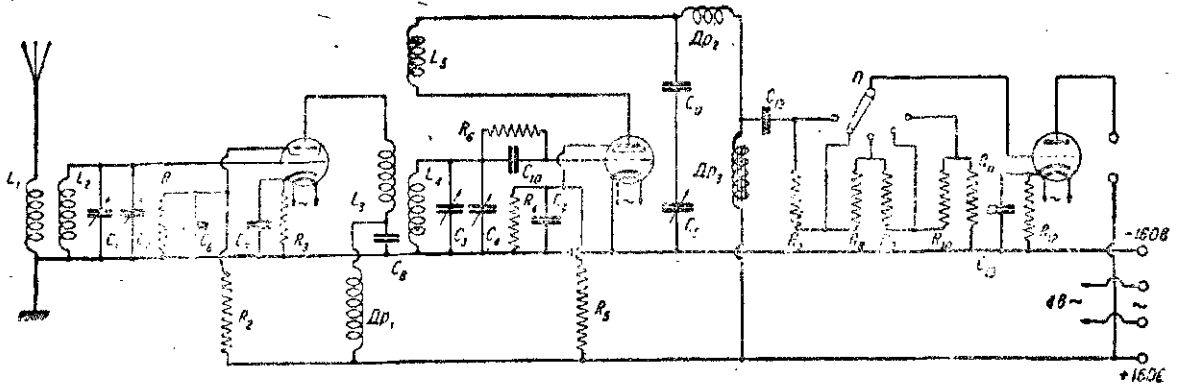


Рис. 61. Схема приёмника 1-V-1 на переменном токе

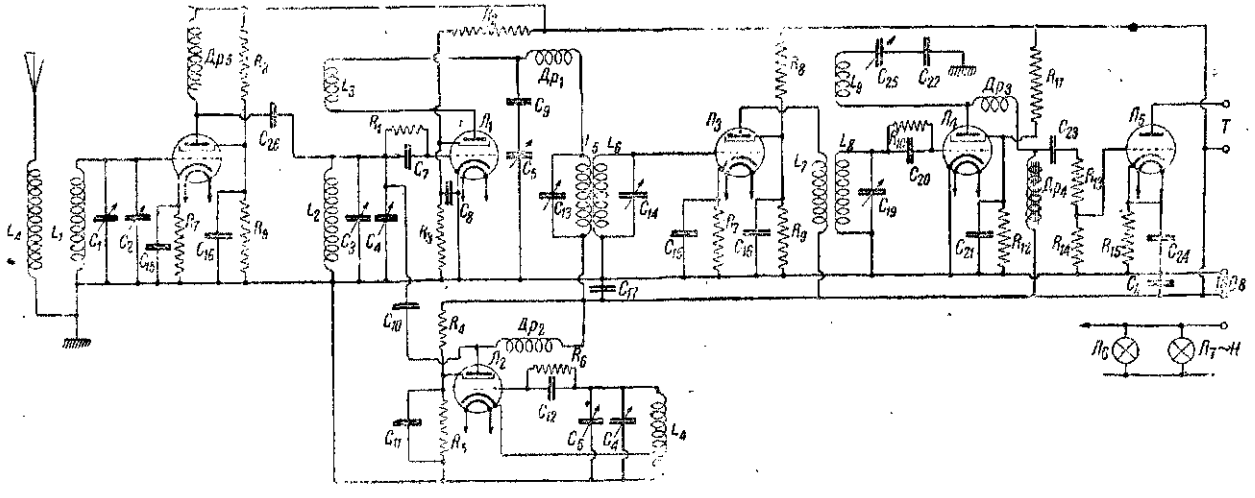


Рис. 62. Схема коротковолнового супергетеродина

рации. Гетеродин собран по схеме Хартлея с электронной связью и работает на частоте, вдвое меньшей, чем принимаемая. Для преобразования принимаемых колебаний после предварительного усиления их, используется вторая гармоника гетеродина, благодаря чему настройка контура первого детектора и изменение обратной связи почти не влияют на частоту гетеродина. Промежуточная частота выбрана в 400 *кгц*.

В схему входят детали: C_1, C_3, C_5 и C_{25} —по 125 *см*; C_2 и C_4— по 20 *см*; C_{13}, C_{14}, C_{19}—по 70 *см*; C_7, C_{12}, и C_{20}—по 250 *см*; C_9, C_{17} C_{18}, и C_{22}—по 2 000 *см*; C_8, C_{11}, C_{15}, C_{16} и C_{21}—по 0,1 *мкф*; $C_{23} = 10\,000$ *см*; $C_{24} = 0{,}5$ *мкф*; $C_{10} = 20$ *см*, $C_{26} = 100$ *см*.

$R_1 = 5$ *мгом*; $R_2 = 60\,000$ *ом*; $R_3 = 25\,000$ *ом*; $R_4 = 30\,000$ *ом*; $R_5 = 60\,000$ *ом*; $R_6 = 200\,000$ *ом*; $R_7 = 250$ *ом*; $R_8 = 40\,000$ *ом*; $R_9 = 30\,000$ *ом*; $R_{10} = 2$ *мгом*, $R_{11} = 60\,000$ *ом*; $R_{12} = 25\,000$ *ом*, $R_{13} = 100\,000$ *ом*; $R_{14} = 1$ *мгом*; $R_{15} = 1000$ *ом* (проволочное).

Дроссель $Др_1$ состоит из 250 витков проволоки 0,2 *мм*, намотанной на каркасе, диаметром 10 *мм*; $Др_2$, $Др_5$ — 180 витков того же провода на каркасе 18 *мм*, разделенного на секции в 10, 20, 30, 40, 40 и 40 витков; $Др_3$ имеет 5 секций по 500 витков; $Др_4$— трансформатор низкой частоты с последовательно соединенными обмотками.

Катушки имеют конструкцию, описанную выше для приемника 1-V-1 на переменном токе (стр. 77). У катушек на 10 и 20 *м* между витками расстояние 1—2 *мм*. Числа витков катушек приведены в табл. 13.

Таблица 13

Диапазон *м*	Провод	$L_д$	L_1 и L_2	L_3	L_4	Отвод от L_4
10	ПЭ 0,8	3/4	2,5	3	5,5	1
20	ПЭ 0,8	1	4,5	4	10	1,5
40	ПЭ 0,5	2	10	7	23	3
80	ПЭ 0,5	4	22	12	48	7
160	ПЭ 0,2	8	46	22	100	17

Конденсаторы C_2 и C_4 имеют по одной подвижной и одной неподвижной пластинке.

Катушки L_5, L_6, L_7, и L_8—сотовые катушки по 154 витка с внутренним диаметром 50 *мм* и шириной 10 *мм*, намотанные на 29 гвоздях из провода ПШО 0,2 *мм*. Катушка L_9—той же конструкции, имеет 90 витков. Катушки надеваются на цилиндры из прессшпана диаметром 50 *мм* и длиной 70 *мм*.

Трансформаторы промежуточной частоты монтируются в экранах. Настройка промежуточной частоты производится при приеме какой-либо мощной станции—вращением конденсаторов C_{13}, C_{14} и C_{19}.

В супергетеродине применены лампы: СО-124—5 шт. и последняя—СО-118—1 шт. Лампы могут быть заменены в первом детекторе и усилителях высокой и промежуточной частоты на СО-182, а в усилителе низкой частоты на СО-187 или СО-122, с соответствующим изменением режимов ламп. В гетеродине и втором детекторе можно оставить СО-124.

Глава V

ПЕРЕДАТЧИКИ КОРОТКИХ ВОЛН

1. Как работает ламповый передатчик

Ламповый передатчик представляет собою ламповый генератор, связанный с антенной. Принцип работы лампы в качестве генератора кратко разобран в главе III. Всякий однолампový регенеративный приемник, доведенный до состояния генерации, представляет собой ламповый передатчик малой мощности. Однако схемы передатчиков, служащие для получения в контуре незатухающих колебаний высокой частоты, а не для приема слабых сигналов, обычно несколько отличаются от схемы регенеративного приемника.

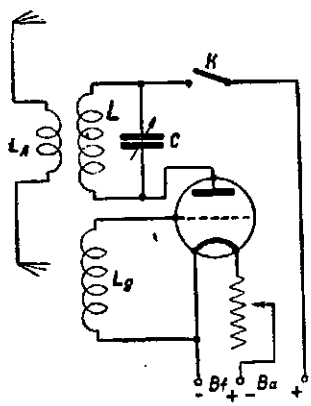


Рис. 63. Схема Мейснера

Рассмотрим процессы в передатчике и возможные режимы его работы на примере схемы Мейснера (рис. 63), являющейся самой первой схемой лампового генератора (1913 г.). Характерным ее признаком является индуктивная обратная связь между анодной и сеточной цепями. Разница между схемой Мейснера и регенератором заключается в том, что в схеме Мейснера колебательный контур LC помещен в анодную цепь, а не в сеточную, антенна с помощью катушки L_A связана тоже с анодной цепью (с контуром LC). Гридлик, обязательный для регенератора, может в схеме генератора отсутствовать.

Если при зажженной лампе замкнуть ключ K, произойдет возрастание анодного тока от нуля до некоторой величины, зависящей от режима лампы. Благодаря наличию самоиндукции L, ток будет возрастать не мгновенно, а постепенно, и при этом зарядится конденсатор C. Но конденсатор, включенный параллельно самоиндукции, получив заряд, как известно, не сохраняет его, а разряжается через катушку L, причем разряд имеет колебательный характер. Таким образом в контуре LC возникают электрические колебания. Без обратной связи эти колебания быстро

затухли бы, но наличие обратной связи между катушками L и L_g дает возможность получить в контуре незатухающие колебания. Переменный колебательный ток, проходящий через катушку L, индуктирует в сеточной катушке L_g переменное напряжение, которое попадает на сетку лампы и вызывает изменение анодного тока. Анодный ток становится пульсирующим, состоящим из постоянной составляющей и переменной. Постоянная слагающая анодного тока проходит через самоиндукцию L и не принимает участия в колебательных процессах, переменная же слагающая, проходя через контур, либо складывается с колебательным током, имеющимся в контуре благодаря разряду конденсатора на катушку, либо вычитается из этого тока. В последнем случае произойдет еще более быстрое затухание колебаний в контуре, так как переменный анодный ток будет противодействовать этим колебаниям, будет заглушать их и передатчик работать не будет. Такое явление получается при неправильном включении концов катушки. При правильном же включении катушки L_g переменная слагающая анодного тока будет усиливать колебания в контуре, поддерживать их. Если такое добавление энергий в контур скомпенсирует все потери, то колебания станут незатухающими. Для этого необходимо очевидно иметь не слишком слабую связь между L и L_g, чтобы переменная составляющая анодного тока была достаточной величины. Рассмотренный нами процесс самовозбуждения генератора аналогичен возникновению собственных колебаний в регенераторе. Самовозбуждение может наступить только при соблюдении определенных условий. Для лампового генератора этими условиями являются: 1) правильное включение концов катушек L и L_g; 2) достаточная величина обратной связи между катушками L и L_g.

Первое условие часто выражают несколько иначе: при колебаниях переменные напряжения на сетке и на аноде лампы должны быть сдвинуты по фазе на 180° (полпериода), т. е. в моменты наибольшего напряжения на сетке, на аноде напряжение должно быть наименьшим и наоборот. Если переменные напряжения на аноде и на сетке совпадают по фазе, генератор не самовозбудится.

Ламповый генератор по существу является преобразователем энергии постоянного тока, даваемого анодным источником B_a в энергию переменного тока высокой частоты, получающегося в контуре за счет энергии анодного источника.

2. Режим, мощность и коэфициент полезного действия передатчика

Если усиливать обратную связь путем сближения катушек L и L_g в схеме рис. 63, то переменное напряжение на сетке будет увеличиваться, возрастет также переменная слагающая анодного тока, а вместе с ней усиливаются и колебания в контуре. Однако, это усиление колебаний происходит лишь до известного предела,

так как при больших напряжениях на сетке анодный ток достигает насыщения, а кроме того возникает весьма заметный сеточный ток, на образование которого тратится часть колебательной энергии контура. Такой режим называется **перевозбужденным или перенапряженным режимом.** Наоборот, режим слабой обратной связи, достаточной лишь для поддержания колебаний и дающей слабые колебания, называют **недовозбужденным или недонапряженным режимом.** Между этими двумя режимами имеется нормальный режим, получающийся при некоторой средней величине обратной связи. В нормальном режиме анодный ток изменяется обычно от нуля до насыщения, но ток сетки еще незначителен. Все эти три характерных режима графически показаны на рис. 64. Увеличение переменного напряжения на сетке дает переход от недонапряженного режима *А* к нормальному *Б*, а затем к перенапряженному *В*. Для последнего режима характерно искажение синусоидальной формы колебаний анодного тока и появление провалов за счет больших токов сетки.

У лампового передатчика различают следующие величины мощностей: 1) подводимая мощность P, забираемая от анодного источника; 2) мощность рассеяния на аноде P_a, теряющаяся на нагревание анода генераторной лампы; 3) колебательная или полезная мощность в контуре $P_к$ и 4) мощность в антенне P_A.

Подводимая мощность в работающем передатчике затрачивается на мощность в контуре и мощность рассеяния на аноде.

$$P = P_к + P_a$$

Если передатчик не генерирует, то $P_к = 0$ и вся подводимая мощность рассеивается на аноде, т. е. $P = P_a$. Величина же мощности в антенне P_A зависит от степени связи контура генератора с антенной и от настройки антенны и составляет обычно в любительских передатчиках примерно половину мощности контура, в лучшем случае 0,6 или 0,7 $P_к$. В главе VII вопрос о мощности в антенне и ее расчете рассмотрен более подробно.

Существенным показателем режима передатчика является **коэфициент полезного действия** (к. п. д.), представляющий отношение полезной мощности к подводимой. К. п. д. показывает, какую часть подводимой мощности составляет полезная мощность. Чаще всего к. п. д. выражают в процентах.

$$\text{к. п. д. } \% = \frac{P_к}{P} \cdot 100$$

В таком определении к. п. д. характеризует не весь передатчик в целом, а лишь один ламповый генератор. Для оценки полезного действия всего передатчика нужно взять отношение мощности в антенне P_A ко всей подводимой мощности. Однако, практически всегда определяют к. п. д. по мощности P_a, так

как при различных настройках антенны P_A сильно меняется. К. п. д. ламповых генераторов обычно не превышает 70—80%. В любительских маломощных передатчиках он бывает ниже порядка 50—60%, так как в любительских установках важнее получить с имеющейся лампой возможно большую полезную мощность, а к. п. д. играет второстепенную роль.

Подводимая мощность P легко может быть подсчитана, если известна постоянная слагающая анодного тока I_a и напряжение анодного источника U_a. Эти величины легко измерить с помощью миллиамперметра, включенного в анодную цепь, и вольтметра (подробнее об измерениях см. главу VIII).

$$P = I_a \cdot U_a$$

Например, если $U_a = 400$ *в* и $I_a = 50$ *ма* $= 0{,}05$ *а*, то $P = 0{,}05 \times \times 400 = 20$ *вт*.

Величина полезной мощности зависит от переменной слагающей анодного тока. Следовательно для повышения P_k и к. п. д. нужно по возможности увеличить переменную слагающую анодного тока и уменьшить постоянную слагающую. Для увеличения переменной слагающей нужно использовать всю характеристику, чтобы анодный ток изменялся от нуля до насыщения. А для уменьшения постоянной составляющей применяют отрицательное смещение на сетке. Режимы, изображенные на рис. 64, показаны для случая отсутствия смещения на сетке. При этом в нормальном режиме (рис. 64 *Б*) колебания анодного тока имеют синусоидальный характер, постоянная слагающая I_a равна половине тока насыщения I_s и к. п. д. получается несколько меньше 50%. Такой режим называют режимом **колебаний без отсечки** или режимом **колебаний первого рода**. Он дает малый к. п. д. и применяется лишь в маломощных генераторах или в генераторах, которые должны давать чистые синусоидальные колебания.

Значительно выгоднее режим **колебаний с отсечкой** или **колебаний второго рода**, получающийся путем сдвига рабочей точки влево с помощью смещения U_g и увеличения переменного напряжения на сетке. Несколько характерных случаев такого режима показано на рис. 65, где анодный ток представляет ряд импульсов, форма которых зависит от величины смещения и переменного напряжения на сетке. Так как импульсы отделены друг от друга промежутками, в течение которых анодный ток отсутствует, то постоянная слагающая становится меньше. Чем больше промежутки между импульсами и чем острее сами импульсы, тем меньше постоянная слагающая.

В любительских передатчиках добиваются максимальной мощности путем опытного подбора величин смещения и возбуждения. При этом стараются одновременно получить по возможности меньшую подводимую мощность, что обнаруживается по минимальному показанию анодного миллиамперметра или по наименьшему нагреву анода лампы. Величину смещения для наивыгоднейшей-

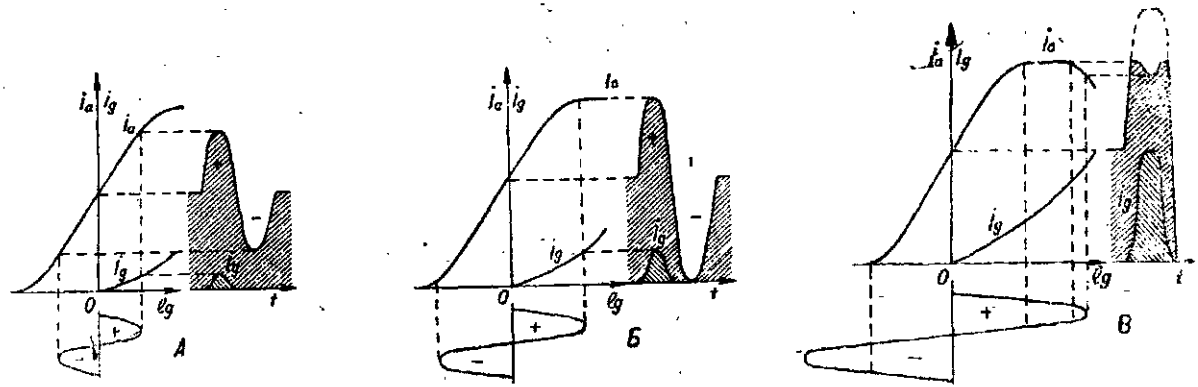


Рис. 64. Графики изменения анодного тока при недонапряженном (*А*), нормальном (*Б*) и перенапряженном (*В*) режимах работы лампового генератора

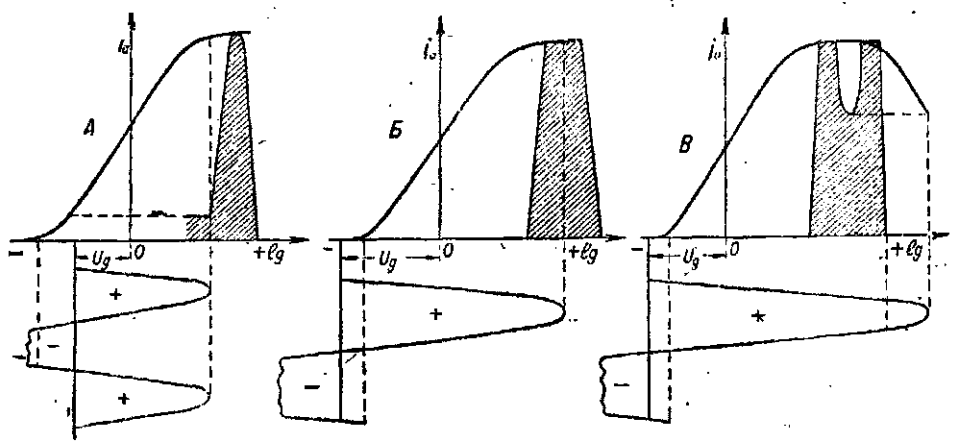


Рис. 65. Изменения анодного тока при колебаниях с отсечкой

шего режима можно предварительно определить примерно из характеристики лампы. Оно должно иметь такую величину, чтобы рабочая точка была на нижнем перегибе или даже несколько левее в области нулевого анодного тока.

3. Способы подачи сеточного смещения

Они аналогичны методам получения смещения в приемных схемах. Первый способ (рис. 66 *А*) заключается в использовании самостоятельного источника напряжения смещения в виде бата-

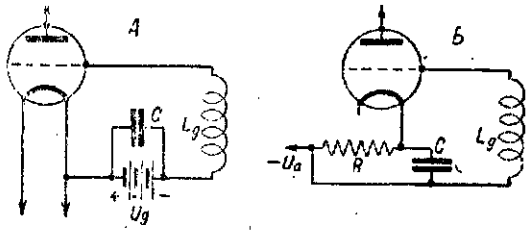


Рис. 66. Схемы подачи сеточного смещения

рей аккумуляторов или элементов или выпрямителя. Второй способ, называемый автоматическим смещением от анодного тока, состоит в том, что смещением U_g служит падение напряжения на сопротивлении R, включенном в анодную цепь (рис. 66 *Б*) $U_g = I_a \cdot R$, где I_a — постоянная слагающая анодного тока. Конденсатор C в схемах рис. 66 служит для пропускания токов высокой частоты.

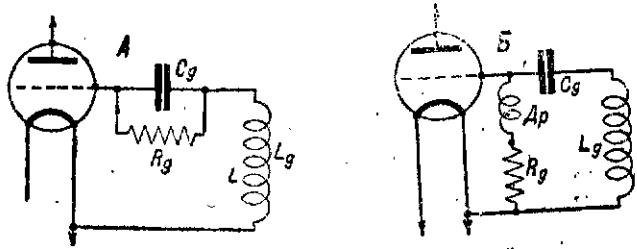


Рис. 67. Подача сеточного смещения гридликом

Наконец, третий способ заключается в применении гридлика по схемам рис. 67 *А* и *Б*. Здесь переменное напряжение возбуждения подается на сетку через конденсатор C_g, емкостью в несколько сот сантиметров, а постоянная слагающая сеточного тока проходит через сопротивление R_g. Падение напряжения на R_g от постоянной слагающей тока сетки и является смещением. Если обозначить постоянную слагающую тока сетки через I_g, то смещение $U_g = I_g \cdot R_g$. Обычно принимают приближенно, что I_g

составляет 0,1 постоянной составляющей анодного тока I_a. Тогда величина сопротивления гридлика

$$R_g = \frac{U_g}{0{,}1\, I_a} = \frac{10\, U_g}{I_a} \qquad (4)$$

Например, для лампы У0-104 при анодном напряжении $U_a = 240$ *в* из характеристик можно найти, что подходящее смещение $U_g \approx 100$ *в*, а $I_a \approx 50$ *ма* $= 0{,}05$ *а*. Тогда получаем

$$R_g = \frac{10 \cdot 100}{0{,}05} = 20\,000 \text{ ом}$$

Метод гридлика особенно удобен для генераторов с самовозбуждением. Если колебания в генераторе отсутствуют, то сеточный ток равен нулю и смещения не получается вовсе. Благодаря этому рабочая точка находится на прямолинейном участке характеристики, обладающем наибольшей крутизной, а это является условием для легкого возникновения колебаний. Но как только возникнут колебания сейчас же появится сеточный ток, который создаст смещение и рабочая точка сдвинется влево, что и нужно для режима колебаний с отсечкой. Применение гридлика дает наиболее устойчивую работу генератора с самовозбуждением, повышает стабильность частоты и значительно улучшает тон. Вследствие этих преимуществ гридлика способы подачи смещения по рис. 66 в генераторах с самовозбуждением не применяются. Дроссель *Др* в схеме рис. 67 *Б* устраняет замыкание токов высокой частоты через R_g.

Колебательную мощность P_k при колебаниях с отсечкой, т. е. при работе со значительным смещением на сетке можно практически определить для любительских передатчиков путем умножения величины подводимой мощности P на 0,6, считая к.п.д. равным 60%, т. е. $P_k = 0{,}6\, P$, а для работы колебаниями без отсечки (без смещения или с малым смещением) можно считать, что к.п.д. равен 40% $= 0{,}4$ и тогда $P_k = 0{,}4\, P$.

Так для лампы У0-104 при $U_a = 240$ *в* и $I_a = 50$ *ма* подводимая мощность будет: $P = 0{,}05 \cdot 240 = 12$ *вт*. Отсюда для колебаний с отсечкой при к. п. д. $= 0{,}6$ имеем $P_k = 0{,}6 \cdot 12 \approx 7{,}2$ *вт*, а для колебаний без отсечки $P_k = 0{,}4 \cdot 12 = 4{,}8$ *вт*.

Данные режима и мощностей для наиболее употребительных в любительских передатчиках ламп указаны в таблице 14.

4. Основные схемы передатчиков с самовозбуждением

Главным признаком, по которому разделяют схемы ламповых генераторов, является способ осуществления обратной связи между анодной и сеточной цепями. Кроме того каждая типовая схема может быть однотактной—с одной лампой и двухтактной—с

Таблица 14

ЛАМПЫ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ПЕРЕДАТЧИКОВ *

Название лампы	U_f в	I_f а	U_a в	I_s ма	P_a вт	P_k вт	$U_{(g)}$ в	U_g в	R_g тыс. ом	C_{ag} см	μ	D	$\frac{S}{ma/в}$	R_i тыс. ом
УБ-110	4	0,08	160	20	2	0,6	—	20	30	5,2	20	0,05	1	20
УБ-107	4	0,08	120	20	2	0,4	—	25	35	6	11	0,09	1,3	8
ПТ-2	4	0,07	80	8	0,3	0,12	—	12	25	3,5	11	0,09	0,4	27
УБ-152	2	0,12	80	10	1	0,4	—	10	20	—	14	0,07	1,5	10
СБ-112	4	0,07	160	15	1	0,4	80	8	25	0,03	375	0,0027	0,8	470
СО-44	4	0,22	200	25	5	1	50	20	40	0,03	200	0,005	1	200
УБ-132	4	0,15	160	50	3	1,6	—	30	30	8	8	0,125	2,2	3,6
СБ-154	2	0,12	120	15	2	0,4	60	8	20	—	350	0,0028	0,9	890
СБ-155	2	0,4	120	60	3	1,5	120	20	15	—	130	0,0077	1,3	270
УК-30	5,6	0,8	320	120	8	8	—	70	10	7,5	10	0,1	1,7	6
УО-104	4	0,75	240	220	10	10	—	80	20	10	4,5	0,22	3,2	1,4
СО-124	4	1,0	240	30	4	1,5	60	20	40	0,02	450	0,0022	2	225
ГК-20 (ГК-36)	5,6	0,85	750	200	20	30	—	130	20	7	55	0,018	1,8	30
СО-182	4	1,0	240	40	4	—	100	—	—	—	2000	0,0005	2,5	800
СО-183	4	1,0	240	20	—	—	100	—	—	—	350	0,0028	1,7	200
СО-187	4	1,0	240	—	8	—	200	—	—	—	150	0,067	7	21,5
СО-122	4	1,0	240	60	5	—	140	—	—	4	140	04,007	2	70

двумя лампами. И наконец любая схема может быть либо с последовательным питанием, когда лампа и контур соединены последовательно с источником анодного питания, либо с параллельным питанием, когда те же части присоединены параллельно к источнику питания анода. Приведенная на рис. 63 схема Мейснера является схемой последовательного питания. В таких схемах контур находится под высоким напряжением анодного питания, что небезопасно для оператора. Схема Мейснера с параллельным питанием дана на рис. 68. В ней произведено разделение токов с помощью разделительного конденсатора *С* и дросселя *Др*. Конденсатор

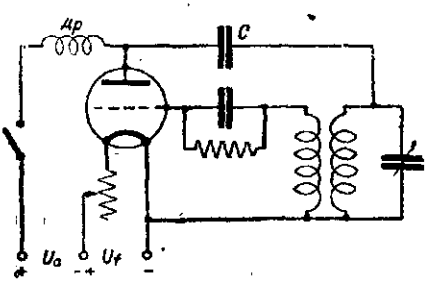


Рис. 68. Схема Мейснера с параллельным питанием

* Пояснение к табл. 14 см. стр. 120.

C включен последовательно с контуром и не позволяет источнику анодного напряжения замкнуться через катушку L. Во избежание пробоя конденсатор рассчитывается на двойное анодное напряжение. Емкость его берется порядка нескольких тысяч сантиметров, чтобы ток высокой частоты проходил совершенно свободно. Тогда C почти не влияет на генерацию колебаний. Постоянная слагающая анодного тока проходит через дроссель *Др*, омическое сопротивление которого ничтожно. Но зато *Др* имеет значительное индуктивное сопротивление для токов высокой частоты и преграждает путь этим токам в цепь анодного питания. Без дросселя колебания в генераторе возникнуть не могут, так как тогда лампа и контур окажутся замкнутыми на источник анодного питания, имеющий ничтожное сопротивление для токов высокой частоты.

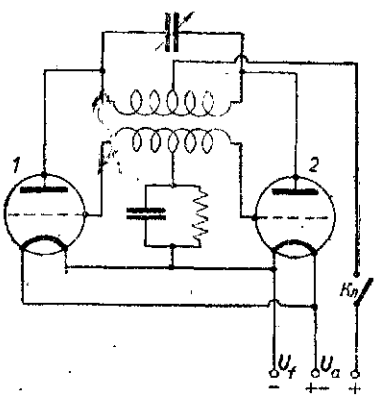


Рис. 69. Двухтактная схема Мейснера с последовательным питанием

Наличие дополнительных деталей—разделительного конденсатора и дросселя—в схеме параллельного питания является некоторым ее недостатком, так как мощность колебаний в случае неудачного подбора дросселя может быть меньше, чем в аналогичной схеме последовательного питания Кроме того, очень трудно иметь один дроссель на широкий диапазон волн. Но большим преимуществом параллельного питания является отсутствие высокого постоянного напряжения на контуре, что делает настройку безопасной для оператора.

На рис. 69 приведена двухтактная схема Мейснера с последовательным питанием, называемая иначе пушпульной или симметричной. Такая схема представляет собою как бы сдвоенную однотактную схему или две однотактных схемы с одним общим контуром и общим питанием. В двухтактной схеме лампы работают со сдвигом фаз в 180°. Следовательно, когда на сетке лампы *1* имеется положительный полупериод переменного напряжения и ток в этой лампе возрастает, на сетке лампы *2* получается отрицательный полупериод и ток в ней уменьшается. В результате колебания в контуре поддерживаются в течение каждого полупериода поочередно то лампой *1*, то лампой *2*.

Преимущества двухтактной схемы весьма значительны. Прежде всего она дает увеличение мощности, правда, не вдвое, но на 60÷80%. Чем точнее симметрия схемы и чем длиннее волна, тем ближе увеличение мощности к удвоению. Желательно иметь по возможности одинаковые лампы. Далее очень важно то, что в проводах питания отсутствуют токи высокой частоты, соответ-

ствующие генерируемой основной частоте, т. е. 1-й гармонике, и все нечетные гармоники. Благодаря этому уменьшается влияние цепей питания и оператора на частоту колебаний. Зато в колебательном контуре двухтактной схемы четные гармоники ослаблены. И, наконец, в двухтактной схеме уменьшается влияние паразитных внутриламповых емкостей. Все это делает двухтактную схему особенно пригодной для генерации более коротких волн, например, 10-метрового диапазона. При последовательном питании, плюс анодного напряжения подается на среднюю точку контурной катушки, а гридлик включается в нулевой провод, т. е. в провод, идущий к средней точке сеточной катушки (рис. 69).

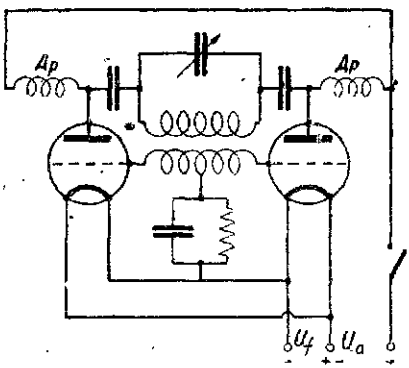


Рис. 70. Двухтактная схема Мейснера с параллельным питанием

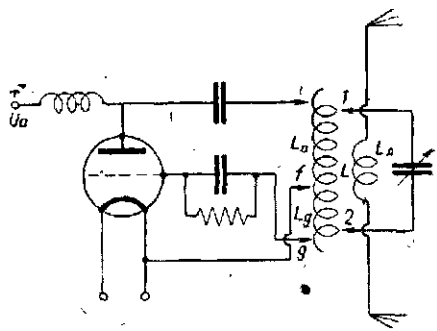


Рис. 71. Схема Хартлея с параллельным питанием

Двухтактная схема Мейснера с параллельным питанием показана на рис. 70.

Однако схема Мейснера применяется в любительских передатчиках сравнительно редко. Наибольшее распространение получила **схема Хартлея** или **трехточечная схема**, чаще всего с параллельным питанием (рис. 71). В ней контурная и сеточная катушки совмещены в одну катушку. Обратная связь здесь может быть названа автотрансформаторной. Вся катушка L входит в колебательный контур. Часть ее L_g является сеточной катушкой—с нее подается переменное напряжение на сетку, а другая часть L_a входит в анодную цепь. Для более удобной настройки и подбора режима, провода от переменного конденсатора, анода, сетки и накала приключают к катушке обычно не наглухо, а с помощью так называемых „щипков", т. е. пружинящих зажимов, которые на схеме показаны стрелками. Для упрощения конструкции анодный провод *a* и провод от конденсатора *1* можно приключать к концу катушки наглухо, а подбор режима производить лишь щипками *f*, *g* и *2*. Провод от накала должен к катушке присое-

диняться всегда между проводами сетки и анода, что необходимо для получения сдвига фаз на 180° между переменными напряжениями на сетке и на аноде, т. е. для самовозбуждения генератора.

Название „трехточечная схема" („трехточка") дано потому, что контур включается в схему тремя точками a, g и f.

При последовательном питании „трехточки" необходимо анодный источник включить обязательно между контуром и анодом, а не между контуром и нитью, так как в последнем случае при отсутствии конденсатора гридлика или при плохой изоляции в нем на сетку попадет плюс высокого напряжения.

На рис. 72 приведена схема интересного видоизменения „трехточки", которая по существу представляет вариант последо-

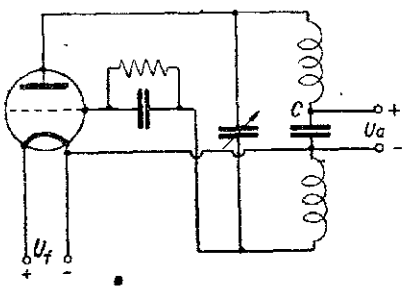


Рис. 72. Видоизмененная схема Хартлея

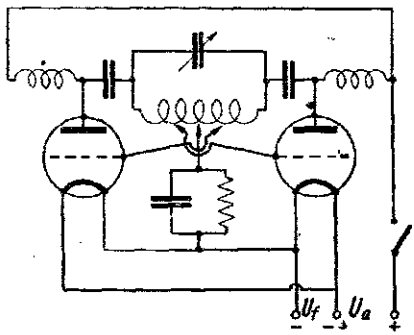


Рис. 73. Двухтактная схема Хартлея с параллельным питанием

зательного питания. Анодное питание и провод от накала приключены в этой схеме к общей средней точке катушки, имеющей нулевой потенциал напряжения высокой частоты, так как разделительный конденсатор C емкостью около 1 000÷2 000 *см* для токов высокой частоты представляет короткое замыкание, и обе его обкладки могут считаться для высокой частоты одной точкой. Эта схема дает лучшую устойчивость режима и частоты, чем схема рис. 71, так как благодаря включения питания в нулевую точку контура, емкостное влияние на цепи питания не будет сказываться на частоте контура. Эта схема поэтому особенно удобна для более коротких волн, например, для 10-метрового диапазона.

Большой популярностью у любителей пользуется также двухтактная схема Хартлея (**Хартлей пушпул или битрехточечная схема**). Ее почти всегда делают с параллельным питанием по рис. 73. В схеме с последовательным питанием придется иметь отдельные гридлики для каждой лампы.

В **схеме Колпитца** (рис. 74) применена емкостная обратная связь. Емкость контура составлена из двух последовательно со-

единенных конденсаторов C_1 и C_2. C_1 входит в анодную цепь, а C_2 является сеточным конденсатором и с него берется напряжение на сетку. Обычно C_1 и C_2 имеют одинаковую емкость и берутся постоянными, а настройка ведется вариометром (такая система применена в „Малой политотдельской рации").

Схема Колпитца применяется любителями редко и главным образом лишь для сравнительно небольшого диапазона волн. Неудобством этой схемы является то, что при изменении возбуждения путем изменения емкости C_2 или C_1 меняется и волна. Кроме того схема неудобна для двухтактной работы.

Широко применяется любителями наряду с „трехточкой" схема Хут-Кюна или *TPTG* (рис. 75). Буквы *TPTG* являются началь-

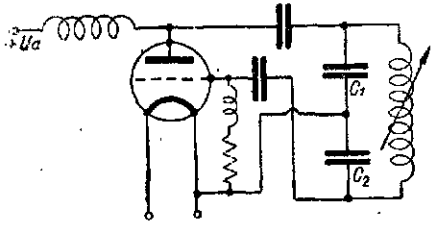


Рис. 74. Схема Колпитца

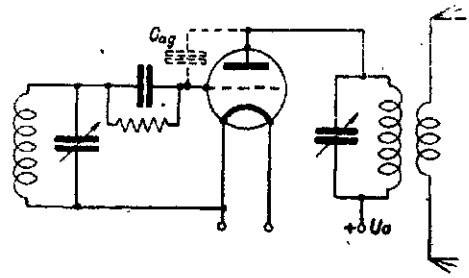


Рис. 75. Схема *TPTG*

ными буквами английских слов: „настроенный анод — настроенная сетка". Схема эта хорошо знакома любителю, так как любой каскад усиления высокой частоты в приемнике, имеющий настроенные контуры в цепях сетки и анода, является схемой *TPTG*.

Обратная связь осуществляется в этой схеме через внутриламповую емкость анод-сетка C_{ag}. Так как эта емкость даже у триодов обычно не велика, то достаточная для самовозбуждения обратная связь получается на триодах только на волнах короче 100 *м*.

На более длинных волнах приходится параллельно C_{ag}, т. е. между анодом и сеткой, включать дополнительный конденсатор в 30 ÷ 50 *см*. Схема *TPTG* дает значительно большую устойчивость частоты, чем схема Хартлея и лучшие качество тона и стабильность волны, чем другие схемы.

Кроме схемы с последовательным питанием по рис. 75 часто применяют также схему параллельного питания. Нередко можно встретить двухтактную схему *TPTG*, называемую обычно схемой Мени (рис. 76).

Иногда в однотактной схеме *TPTG* вместо сеточного контура применяют для упрощения одну катушку, играющую роль дросселя. В этом случае схема называется *TNT* от английских слов: „настроенный—ненастроенный".

Схема Доу (с электронной связью) (рис. 77 и 78) отличается еще большей стабильностью частоты, чем схема *TPTG*, но требует применения экранированной лампы. Отсутствие в настоя-

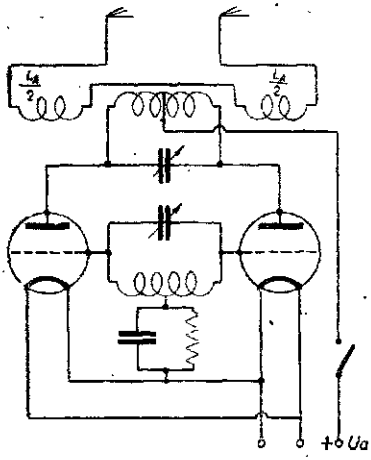


Рис. 76. Схема Меиси

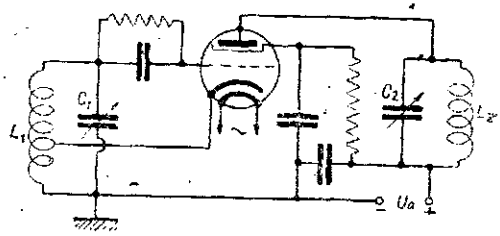


Рис. 77. Схема Доу на подогревной лампе

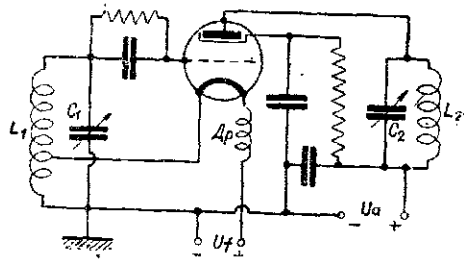


Рис. 78. Схема Доу на лампе с прямым накалом

щее время генераторных экранированных ламп средней мощности заставляет использовать эту схему лишь для маломощных генераторов, для которых можно применить приемные экранированные лампы или пентоды. Контур L_1 C_1 вместе с катодом и управляющей и экранирующей сетками составляет обычную самовозбуждающуюся схему „Хартлей-трехточка". В цепь анода включен второй контур L_2 C_2, который связан с предыдущей частью электронным потоком внутри лампы*. Частота генерируемых колебаний определяется настройкой контура L_1 C_1. Нагрузка на контур L_2 C_2, а также колебания анодного напряжения очень мало изменяют частоту передатчика. Ценным преимуществом схемы Доу является также возможность получения довольно мощных гармоник. Если настроить контур L_2 C_2 на частоту вдвое или втрое больше частоты контура L_1 C_1, то в нем получатся колебания удвоенной или утроенной частоты. На 2-й гармонике можно получить мощность до 60÷70%, а на 3-й гармонике до 50% от мощности на основной частоте. Даже на 4-й гармонике можно получить до 30÷40% мощности первой гармоники.

Эта особенность схемы Доу имеет большое значение для

* Такое объяснение дает автор схемы Доу.

работы на более коротких волнах. Кроме передатчиков эта схема применяется с успехом в приемниках и волномерах.

Связь с антенной. Наилучшей является индуктивная переменная связь, показанная на рис. 75 и 76. Антенная катушка берется с числом витков, равным от $^1/_5$ числа витков контурной катушки для более длинных волн до $^1/_2$ для более коротких волн. При однотактной схеме антенную катушку связывают с анодным концом контурной катушки. При двухтактной схеме желательно делать антенную связь симметричной по отношению к обеим половинам схемы, для чего L_A располагается в середине контурной катушки или разбивается на две равные части, связанные с обоими концами катушки контура (рис. 76).

Непосредственную связь антенны с контуром применять не следует, так как при ней передатчик создает сильные помехи, и ухудшается тон и стабильность режима. Лишь в случае применения специальной однофидерной антенны (см. главу VII) часто применяют непосредственную связь путем включения антенны щипком на катушку контура. Иногда в провод антенны включают переменный конденсатор для плавного изменения величины связи. В главе VII даются указания о способах антенной связи применительно к тем или иным типам антенн.

5. Постороннее возбуждение, нейтрализация и удвоение частоты

Одноламповые передатчики с самовозбуждением имеют наиболее простую схему и конструкцию; они также довольно просты в налаживании и настройке. Но у всех схем с самовозбуждением, даже *TPTG* и Доу, стабильность все же недостаточна, особенно на более коротких волнах. Основная причина этого лежит в том, что передатчик с самовозбуждением связан довольно сильно с антенной и поэтому все изменения электрических данных антенны, например, емкости при качании антенны ветром, влияют на частоту передатчика. Конечно, чем слабее связь передатчика с антенной, тем меньше это влияние, но ослабление связи невыгодно из-за уменьшения мощности в антенне.

Передатчики с посторонним возбуждением и удвоением частоты дают лучшую стабильность и лучший тон, чем передатчики с самовозбуждением.

Передатчик с посторонним возбуждением состоит всегда из возбудителя или задающего генератора, обозначаемого обычно в любительской связи буквами *MO* (от английского названия— master oscillator), и одного или нескольких каскадов усиления или удвоения. Усилительный каскад обозначают *PA* (power amplifier), а удвоительный каскад — *FD* (frequency doubler). Наиболее простой является схема *MO-PA*, т. е. задающий генератор и усилительный каскад. Пример такой схемы дан на рис. 79. На ней задающий генератор представляет „трехточку" Хартлея,

а усилитель связан с ним с помощью щипка. В обоих каскадах применено параллельное питание. Смещение на сетке усилителя получается от гридлика. Особое значение имеет конденсатор C_N, называемый нейтродинным и служащий для нейтрализации усилительного каскада.

Рассмотрим кратко работу этой схемы и принцип нейтрализации. Возбудитель генерирует колебания и подает их на сетку усилителя, в анодном контуре которого получаются колебания увеличенной мощности, передаваемые в антенну индуктивной

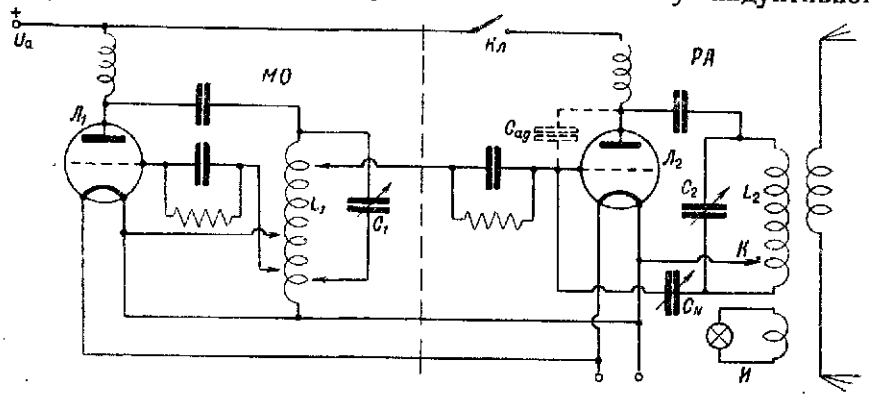


Рис. 79. Схема двухкаскадного передатчика с анодной нейтрализацией усилителя

связью. Антенна влияет лишь на контур усилителя L_2 C_2, а не на контур L_1 C_1, задающий частоту передатчика. Однако через внутриламповую емкость анод-сетка C_{ag} усилителя колебания от возбудителя попадают непосредственно в контур L_2 C_2, а затем в антенну помимо усиления лампой $Л_2$. Из-за этого приходится увеличивать мощность возбудителя. Кроме того, при разомкнутом ключе K антенна будет излучать колебания от возбудителя.

Далее, наличие емкости C_{ag} превращает усилительный каскад в знакомую нам уже схему Хут-Кюна (*7PTG*), способную генерировать колебания самостоятельно без помощи лампы $Л_1$. При таком самовозбуждении усилителя все преимущества постороннего возбуждения сводятся на-нет. Поэтому для правильной работы схемы *МО-РА* необходимо как-то нейтрализовать действие емкости анод-сетка. При применении в усилителе экранированной лампы, имеющей ничтожную емкость анод-сетка, вопрос о нейтрализации вообще отпадает. Но при работе усилителя на триодах приходится применять нейтрализацию.

Принцип нейтрализации заключается в том, что в схему включается конденсатор C_N (такой же примерно емкости как C_{ag}, т. е. порядка $20 \div 30$ *см*) так, чтобы при работе усилителя переменные напряжения на его обкладках были противоположны по

знаку (сдвинуты на 180°) по отношению к колебаниям напряжения на C_{ag}. Для этого одна обкладка C_N соединяется с одной из обкладок C_{ag}, т. е. с анодом или с сеткой, а другая обкладка C_N включается в такую точку схемы, которая имеет противоположный потенциал высокой частоты по отношению к потенциалу другой обкладки C_{ag}.

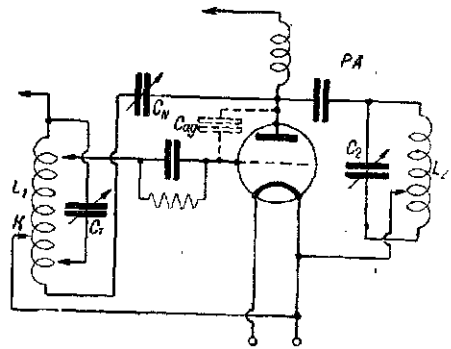


Рис. 80. Схема сеточной нейтрализации

Существуют две основных схемы нейтрализации. На рис. 79 показана анодная нейтрализация, в которой C_N включен между сеткой $Л_2$ и концом контура, противоположным анодному; при этом катод в усилителе соединяется обязательно с одним из средних витков L_2.

Схема сеточной нейтрализации показана на рис. 80. C_N включен между анодом и концом L_1, противоположным сеточному. Чаще применяют анодную нейтрализацию. В обеих схемах, если катушка разбита накальным щипком на две равные части, для полной нейтрализации нужно иметь $C_N = C_{ag}$. При неравных ча-

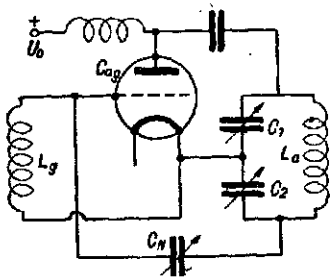


Рис. 81. Анодная нейтрализация с емкостным действием

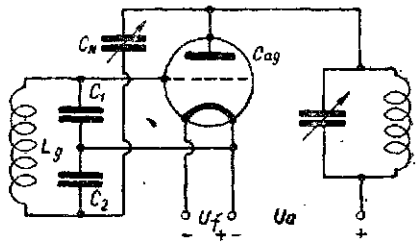


Рис. 82. Сеточная нейтрализация с емкостным действием

стях катушки приходится C_N брать больше или меньше C_{ag}. Чем больше часть катушки, на которую включен C_N, тем меньше должна быть емкость последнего. Величина емкости C_N не зависит от длины волны, а только от соотношения частей катушки контура и от C_{ag} лампы. Следовательно, при смене лампы приходится изменять величину C_N.

Иногда применяется нейтрализация с емкостным действием (рис. 81 и 82), при которой величина C_N зависит тоже от соот-

ношения емкостей C_2 и C_1 и от величины C_{ag}. В этом случае при смене катушки не нарушается нейтрализация. Нейтрализации добиваются путем вращения C_N до тех пор, пока прекращается попадание колебаний от возбудителя в контур L_3 C_2 при разомкнутом ключе K. Наличие колебаний определяется с помощью индикатора, т. е. лампочки накаливания, замкнутой на 1—2 витка провода, связанные индуктивно с контуром (*И* на рис. 79)

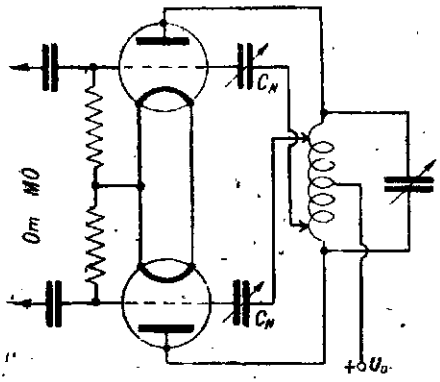


Рис. 83. Анодная нейтрализация двухтактного усилителя

В качестве возбудителя передатчика с посторонним возбуждением могут быть использованы разные типы самовозбуждающихся генераторов. Лучшие результаты дают задающие генераторы по схеме *TPTG* или Доу, особенно удобна последняя. Усилительный каскад может быть построен по схемам рис. 79—82. Питание как возбудителя, так и усилителя может быть параллельным или последовательным. Наконец, возможно осуществить двухтактные схемы с посторонним возбуждением. Задающий генератор редко делают двухтактным, но усилитель для увеличения мощности часто бывает двухтактным. При этом нейтрализация осуществляется с помощью двух нейтродинных конденсаторов (рис. 83).

Увеличение мощности (на 50—70%) генератора с самовозбуждением или посторонним возбуждением получается также при параллельном включении двух ламп, т. е. когда катод, сетка и анод одной лампы соединяются соответственно с катодом, сеткой и анодом другой лампы. Однако при этом возрастает емкость анод-сетка, что может привести к неустойчивости работы схемы.

Остановимся еще на связи усилителя с возбудителем и на мощности последнего.

Кроме непосредственной связи, показанной на рис. 79, применяют иногда индуктивную связь, но наличие лишних катушек несколько усложняет конструкцию передатчика. Для симметричной связи двухтактного усилителя с однотактным возбудителем рекомендуется применять индуктивную связь по рис. 84, где катушки L_2 и L_3 берутся в $1 \div 2$ витка.

Для лучшей устойчивости частоты и тона нужно связь брать как можно слабее. Тогда влияние усилителя на возбудитель будет минимальным. Но чем слабее связь, тем большую мощность должен иметь возбудитель для раскачки усилителя. Для любительских условий желательно, чтобы возбудитель имел мощ-

ность примерно до 50% мощности усилителя. Если мириться с некоторым ухудшением стабильности и тона, можно уменьшить мощность возбудителя до 20% мощности усилителя

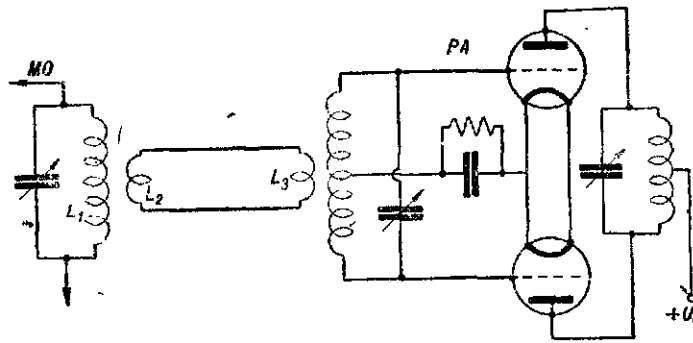


Рис. 84. Связь возбудителя с усилителем

Для получения хороших стабильности и тона возбудитель должен работать на волне не короче 40 *м*, лучше на 80 *м*, а для работы на более коротких волнах (20 *м*, 10 *м*) необходимо применять удвоительные каскады.

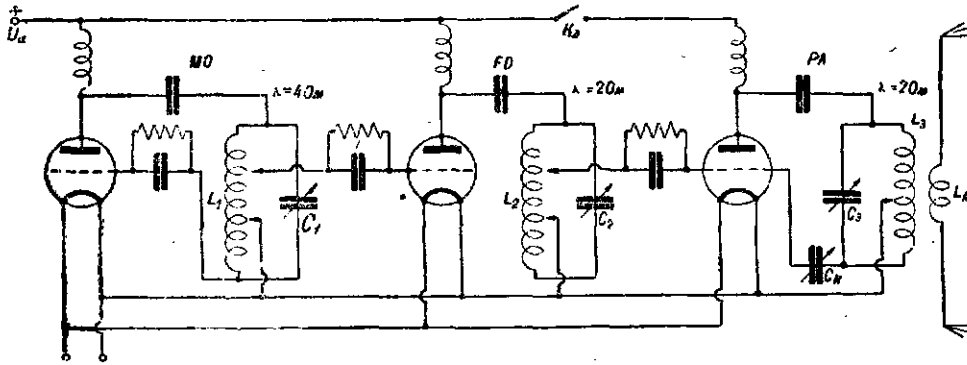


Рис. 85. Схема трехкаскадного передатчика с однотактным удвоителем (*FD*)

Удвоители могут быть однотактные (рис. 85) или двухтактные (рис. 86) с последовательным или параллельным питанием. Однотактный удвоитель по схеме не отличается от усилителя, но только режим работы у него несколько иной. Сеточное смещение удвоителя должно быть в 2÷3 раза больше, чем нормальное смещение усилителя. Переменное напряжение на сетке удвоителя тоже должно быть несколько больше, чем в усилителе. При этих условиях импульсы анодного тока получаются острыми и имеют резко выраженную 2-ю гармонику, на которую и настраивают анодный контур удвоителя. Если смещение

в удвоителе дается от гридлика, то сопротивление утечки нужно взять в 2÷3 раза больше, чем в усилительном каскаде. Колебательная мощность в анодном контуре удвоителя при нормальном возбуждении, когда анодный ток меняется от нуля до насыщения (рис. 65*А*), равна примерно половине мощности усилительного каскада на той же лампе.

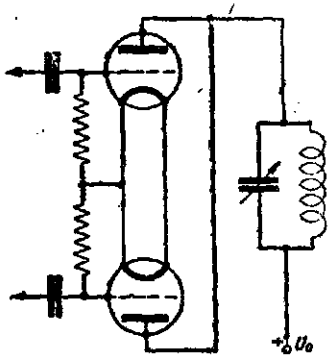


Рис. 86. Двухтактный удвоитель с последовательным питанием

Схема трехкаскадного передатчика *МО-FD-PA* показана на рис. 85. В удвоительном каскаде нейтрализацию применять не нужно, так как анодный и сеточный контуры этого каскада настроены на разные частоты. Так как любой однотактный усилительный каскад легко можно превратить в удвоитель, если настроить его анодный контур на удвоенную частоту и увеличить смещение на сетке и возбуждение, работа на различных любительских диапазонах происходит обычно путем превращения усилительных каскадов в удвоительные или обратно. Например, если возбудитель генерирует волну 40-метрового диапазона, то в этом диапазоне работают схемой *МО-PA* или *МО-PA-PA*, а для двадцатиметрового диапазона переходят на схему *МО-FD* или *МО-FD-PA*. Трехкаскадный передатчик по схеме *МО-FD-FD* даст уже возможность работы в 10-метровом диапазоне.

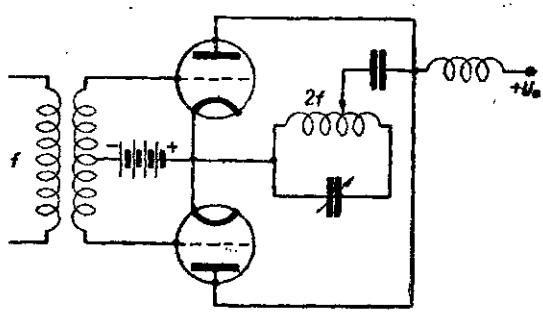


Рис. 87. Двухтактный удвоитель с параллельным питанием

На рис. 86 показана двухтактная схема удвоителя с последовательным питанием. Так как в проводах питания двухтактной схемы имеются только четные гармоники, особенно самая сильная из них вторая, то в анодном контуре, включенном в общую для анодов обеих ламп цепь питания и настроенном на вторую гармонику, будут существовать сравнительно мощные колебания с частотой вдвое большей частоты возбуждения. Так как удвоитель работает на удвоенной частоте и с большим смещением на сетке, связь между возбудителем и удвоителем можно сделать сильнее, чем с усилителем. Виды связи между *МО* и *FD* могут быть такие же, как и между *МО* и *PA*.

Двухтактная схема дает большую мощность, чем однотактная схема и наиболее пригодна для волн короче 20 *м*. Двухтактный удвоитель с параллельным питанием приведен на рис. 87.

6. Стабилизация частоты

Применение постороннего возбуждения и работа возбудителя на более длинной волне с последующим удвоением частоты в остальных каскадах является простейшим средством для повышения стабильности частоты. Однако, получаемая при этом стабилизация далеко недостаточна, так как сам возбудитель изменяет свою частоту от различных емкостных и температурных влияний и от изменения анодного и накального напряжения. Поэтому необходимо принять ряд мер для стабилизации частоты самого возбудителя.

Существуют две основных системы стабилизации частоты возбудителя: **параметрическая и кварцевая.**

Параметрическая или **бескварцевая** стабилизация осуществляется путем ослабления влияния на частоту генератора различных внешних причин и подбора параметров и элементов схемы, обеспечивающих наименьшее колебание частоты. Из разнообразных методов бескварцевой стабилизации мы укажем только наиболее интересные для любительской практики. Одним из способов параметрической стабилизации является работа возбудителя на возможно более длинной волне—**не короче 40*м*.** Чем больше при этом емкость контура, тем меньше сказываются на частоте различные емкостные влияния. Однако, при очень большой емкости и слишком малой самоиндукции сильно падает мощность в контуре. Поэтому практически берут обычно емкость контура в сантиметрах в 5 раз больше, чем длина волны в метрах. Например, для волны 40 *м* емкость контура желательна около 200 *см*. Для устранения емкостных влияний иногда весь возбудитель помещают в экранирующий металлический ящик, который надежно заземляют.

Большое влияние на частоту генератора оказывают изменения анодного напряжения и напряжения накала. Для уменьшения этих влияний желательно прежде всего иметь возможность поддерживать постоянным напряжение на первичной обмотке питающего трансформатора с помощью автотрансформатора, реостата или секционирования первичной обмотки. Для устранения влияния небольших колебаний напряжений желательно применять для возбудителя по возможности меньшее анодное напряжение.

Для повышения стабильности работы генератора рекомендуется последовательно с анодным контуром включить сопротивление в 5000 ÷ 20000 *ом* или дроссель высокой частоты, а также увеличить сопротивление гридлика до 50000 ÷ 100 000 *ом*. При

этом необходимо иметь в виду, что все методы стабилизации дают некоторое уменьшение мощности.

Наилучшим методом обеспечения постоянства режима возбудителя является питание его не от выпрямителя, а от аккумуляторов, но в любительских условиях осуществить это трудно. Однако и применение отдельного выпрямителя для возбудителя значительно улучшает стабильность частоты.

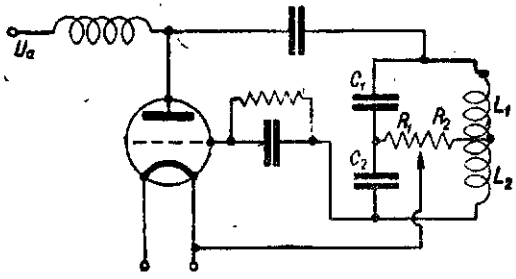


Рис. 88. Схема бескварцевой стабилизации

Оригинальная схема бескварцевой стабилизации, предложенная Кузнозе (рис. 88), представляет собою комбинацию схем Хартлея и Колпитца. Изменения частоты в этих двух схемах под влиянием одинаковых изменений питающих напряжений происходят в противоположные стороны. Так, например, от увеличения накала в схеме Хартлея частота уменьшается, а в схеме Колпитца увеличивается. Объединив обе схемы в одну, можно получить почти полную независимость частоты от изменений накала и анодного напряжения. Практически это достигается движением ползунка по сопротивлению R_1 R_2.

Величина потенциометра R_1 R_2 должна быть порядка 1000 *ом*; $C_1 = C_2$ и $L_1 = L_2$.

Вместо омического сопротивления в качестве R_1 и R_2 можно взять катушку со щипком или два последовательно соединенных переменных конденсатора.

Малую зависимость частоты от режима дает также схема Доу (рис. 77 и 78), поэтому ее очень удобно применять в качестве возбудителя.

Наиболее трудно бороться с температурными влияниями на частоту. Вследствие постепенного разогрева электродов и баллона лампы, а также и деталей, находящихся возле лампы, наблюдается медленное изменение—„сползание"—частоты, в течение довольно продолжительного промежутка времени, достигающего иногда нескольких десятков минут. Существующие способы температурной компенсации сложны для любительского устройства. Поэтому единственной мерой может служить включение возбудителя за 5—10 мин. до начала работы и невыключение его при кратковременных перерывах в работе. Но часто возбудитель генерирует волну того диапазона, на котором производится прием, и будет сильно ему мешать. Поэтому в таких случаях анодное питание возбудителя выключается.

Иногда весь возбудитель помещают в термостат, т. е. наглухо закрытый ящик, в котором с помощью электронагревателя и автоматических регуляторов поддерживается довольно высокая

(45° С) постоянная температура. Однако для любителя такое устройство слишком сложно и громоздко.

Для сохранения постоянства частоты возбудителя необходимо также избегать механических вибраций деталей передатчика. Если катушка или конденсатор контура или монтажные провода укреплены непрочно, то небольшие сотрясения могут вызвать сильное колебание волны. Поэтому следует конструкцию деталей и крепление их делать достаточно солидными и прочными. Кроме

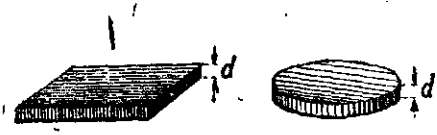


Рис. 89. Формы пластин кварца

того желательно, по возможности, устранить влияние сотрясений и толчков на передатчик путем соответствующего укрепления и расположения передатчика.

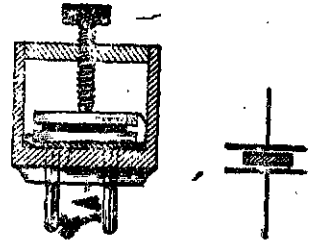


Рис. 90. Кварцедержатель с кварцем и изображение его в схемах

Очень важна также не слишком сильная связь возбудителя со следующим каскадом. Необходимо, чтобы этот каскад был хорошо нейтрализован; лучше если он будет удвоителем и будет работать при большом смещении на сетке. Тогда его влияние и влияние последующих каскадов на возбудитель сведется к минимуму.

Кварцевая стабилизация дает значительно более высокую и устойчивую стабильность частоты, чем параметрическая стабилизация. Кроме того она довольно проста по устройству, так как требует внесения в схему возбудителя одного дополнительного элемента—кристалла кварца и действует надежно при значительных колебаниях режима питания и при емкостных влияниях.

Однако кварц имеет также и ряд недостатков. Во-первых, он стабилизирует только одну волну, а параметрическая стабилизация позволяет работать разными волнами в заданном диапазоне. Затем кварц довольно дорог и требует очень осторожного с собою обращения, так как при перегрузке легко может быть разрушен. И, наконец, нагревание самого кристалла кварца изменяет несколько его частоту. Несмотря, однако на эти недостатки, кварц применяется в любительских передатчиках очень широко.

Применяемые в генераторах пластины кварца вырезаются из естественных кристаллов кварца (горный хрусталь) или из кварцевой гальки и имеют форму прямоугольника или диска (рис. 89). Пластина кварца помещается в кварцедержатель (рис. 90) между двумя отшлифованными металлическими пластинками. В результате получается как бы конденсатор из двух обкладок с диэлектриком в виде кварцевой пластины. На схемах такой кварцевый элемент обозначают как показано на рис. 90 справа.

Кварц обладает свойством создавать при сжатии или растяжении по толщине d (рис. 89) на своих обкладках электрические заряды разных знаков, причем знаки зарядов при сжатии будут обратны знакам зарядов при растяжении. Наоборот, если к обкладкам кварца приложить некоторое напряжение, то в зависимости от знака зарядов на обкладках кварцевая пластина либо растянется, либо сожмется. Эти явления называют **прямым и обратным пьезоэлектрическим эффектом.**

Таким образом, если приложить к кварцу переменное напряжение, то он станет совершать механические колебания, т. е. будет попеременно сжиматься и растягиваться. Если же привести кварц в механические колебания, например, толчком, то на его обкладках появится переменное электрическое напряжение. Пластина кварца обладает собственной частотой и чрезвычайно малым затуханием колебаний. Кварц дает интенсивные колебания под действием переменной э.д.с., если частота ее совпадает с собственной частотой кварца. Собственная частота кварца зависит главным образом от толщины пластинки. Соответствующая этой частоте длина электромагнитной волны в метрах определяется через толщину пластинки в миллиметрах следующим соотношением

$$\lambda \approx 120\,d \qquad (7)$$

Коэфициент 120 здесь взят средний. Для разных сортов кварца он колеблется от 100 до 140.

Кварц обладает очень острым резонансом и благодаря малому затуханию колеблется со своей частотой даже в случаях, если внешняя э.д.с. имеет несколько иную частоту. При большой разнице в частотах кварц вообще не колеблется.

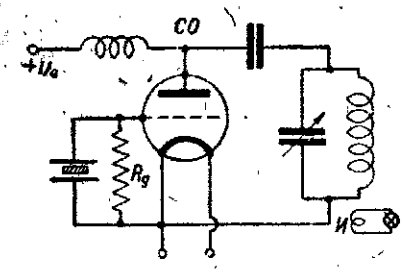


Рис. 91. Стабилизация кварцем по схеме Кросслея

Кварц эквивалентен, т. е. равноценен колебательному контуру с малым затуханием и очень стабильной частотой. Основная схема кварцевого генератора — схема Кросслея—изображена на рис. 91. По существу это схема *TPTG*, в которой сеточный контур заменен кварцем. Эта схема наиболее часто применяется в качестве возбудителя. Анодный контур настраивается на частоту кварца и при резонансе в нем возникают колебания, которые можно обнаружить либо индикатором *И*, либо по спаданию анодного тока, если в анодную цепь включен миллиамперметр. Утечка сетки R_g берется в несколько десятков тысяч ом. Кварцевый возбудитель, обозначаемый буквами *CO* (crystal oscillator), генерирует обычно в любительских передатчиках волну 80 или 160-метрового диапазона. На более короткие волны кварц-

цевая пластина получается очень тонкой и может легко разрушиться при перегрузке. Мощность кварцевого генератора зависит от толщины пластинки и ее площади. Площадь пластинки редко бывает больше 4 *см*², при которой максимальная колебательная мощность в анодном контуре может быть до 5 *вт*. Подводимая мощность допустима до 10 *вт*.

Некоторые пластинки кварца плохо генерируют и тогда для облегчения генерации в схему вводят самовозбуждение помимо кварца. Его подбирают такой величины, чтобы схема без кварца не могла генерировать, но была близка к режиму генерации.

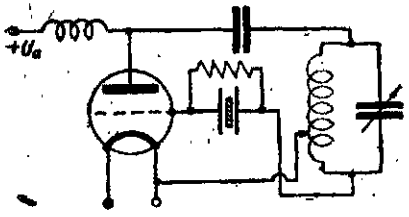


Рис. 92. Стабилизация кварцем схемы Хартлея

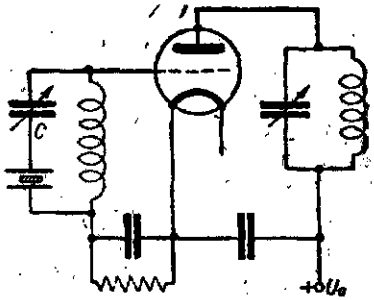


Рис. 93. Кварцевая стабилизация больших мощностей

Обычно для этой цели параллельно кварцу вместо сопротивления утечки R_g включают дроссель, который подбирают таким, чтобы генерация возникала только при резонансе кварца с анодным контуром.

Значительное применение имеет схема рис. 92. Вместо обычной „трехточки" Хартлея, с кварцевой стабилизацией по рис. 92, может также работать схема Колпитца или Мейснера. Обратная связь устанавливается такой, чтобы генерация получалась только на волне кварца. Если заменить кварц конденсатором, то схема будет работать на всех волнах, но без стабилизации.

Схема рис. 93 пригодна для стабилизации генераторов мощностью до 50 и даже 100 *вт*. Возбуждение кварца и степень стабилизации регулируются кондеисатором *C*. При работе с этой схемой нужна большая осторожность, чтобы не перегрузить кварц.

Наконец, очень хороша для возбудителя схема *tri-tet*, изображенная на рис. 94 и представляющая собою комбинацию триодного кварцевого генератора с тетродным усилителем или удвоителем, в зависимости от частоты контура L_2C_2.

Если заменить кварц конденсатором и переключить катод на отвод катушки L_1 (примерно от $^1/_3$ витков), показанный на рис. 94, то получается знакомая нам схема Доу с электронной связью. В схеме рис. 94 можно применить лампу СО-124 или подогревный пентод (желательно с отдельно выведенной противодинатронной сеткой, которую следует соединить с экранирующей сеткой). Видоизменение этой схемы для тетродов или пентодов

прямого накала показано на рис. 95. С пентодом СБ-155 при анодном напряжении 250 *в* и удвоении частоты можно в контуре L_2 C_2 получить колебательную мощность до 3 *вт*. Переключатели служат для перехода на схему Доу. Возбудитель по схеме *tri-tet* или по схеме Доу заменяет два каскада *CO-FD* или *MO-FD* и поэтому он очень удобен для любительских передатчиков.

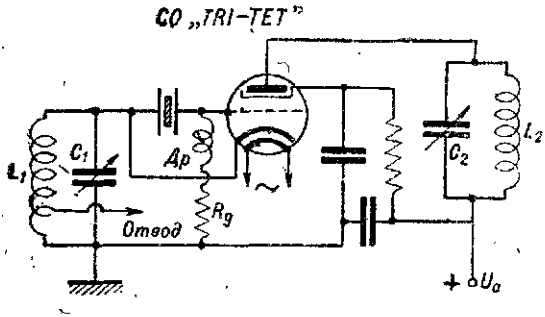


Рис. 94. Схема *tri-tet*

Связь кварцевого возбудителя со следующим каскадом можно брать более сильную, чем нестабилизированного возбудителя, так как кварцевый генератор менее подвержен влиянию нагрузки.

Метод стабилизации с помощью длинных линий, применяемый для ультракоротких волн, может быть использован и для стабилизации волн в 10 *м* или 20 *м*. Сущность этого метода показана на схеме рис. 96. Вместо сеточного контура в

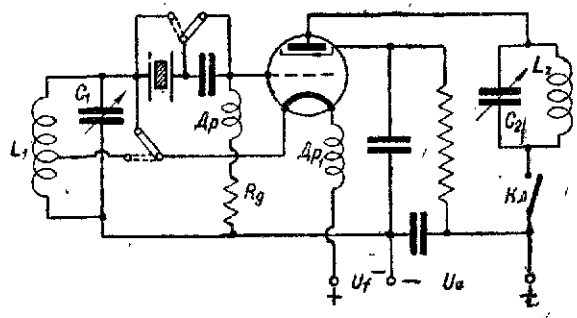


Рис. 95. Схема *tri-tet* с лампой прямого накала с переходом на схему Доу

схеме *TPTG* применена двухпроводная линия длиною в $^1/_4$ волны, т. е. около 2,5 *м* для 10-метрового диапазона и 5 *м* для 20-метрового. Передвижной замыкающий мостик *M* служит для настройки линии. Практически линия выполняется из двух проводов толщиною 1—2 *мм*, туго натянутых на расстоянии 5—10 *см* друг от друга и укрепленных изолирующими распорками.

7. Телеграфная передача

Для передачи сигналов азбуки Морзе необходимо тем или иным способом прерывать излучение радиоволн передатчиком.

Это прерывание должно производиться с помощью телеграфного ключа и называется обычно телеграфной манипуляцией. Телеграфная манипуляция бывает двух видов. В первом случае при размыкании ключа передатчик совершенно прекращает излучение, а во втором случае излучение прекращается лишь на рабочей волне, но продолжается на какой-то другой волне, называемой негативной. Таким образом здесь сигналы Морзе (точки и тире) передаются на рабочей волне, а промежутки между ними излучаются на другой волне в виде негативных сигналов. Этот второй способ создает помехи в эфире и поэтому его применять нежелательно. Хорошая телеграфная манипуляция должна давать четкие ясные сигналы стабильного тона без негативов.

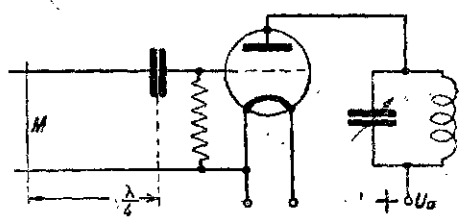


Рис. 96. Стабилизация длинными линиями

При сравнительно небольшой мощности и невысоком анодном напряжении проще всего поместить ключ в анодную цепь. Однако этот метод не безопасен для оператора, даже при защите металлических частей клюна изолирующим чехлом. При питании передатчика от выпрямителя ключ в анодной цепи неудобен тем, что резкие изменения нагрузки выпрямителя создают колебания выпрямленного напряжения, что отражается на стабильности

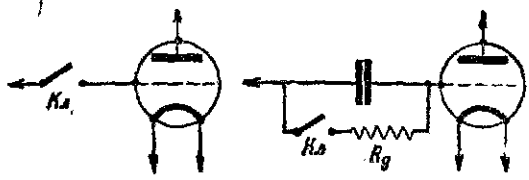


Рис. 97. Ключ в цепи сетки

частоты и четкости сигналов. Поэтому часто ключ ставят в цепь сетки, где он в простейшем случае разрывает эту цепь, или в цепь утечки сетки (рис. 97). Однако, при левой характеристике лампы, а в любительских передатчиках лампы с такой характеристикой применяются часто, анодный ток при разрыве цепи сетки сильно возрастает и анод лампы перегревается. Поэтому при размыкании ключа следует давать на сетку отрицательное напряжение, запирающее лампу. Это можно сделать при помощи отдельной батареи по схеме рис. 98*А* или от автоматического смещения, снимаемого с потенциометра (рис. 98*Б*).

В так называемой „искрогасящей" схеме (рис. 99) ключ одновременно разрывает и цепь анода и цепь сетки. Этот метод дает неплохие результаты в самовозбуждающихся схемах.

Во всех случаях включения ключа в цепи с высокой частотой (рис. 97—99) рекомендуется ключ защищать от токов высокой частоты путем включения дросселей высокой частоты *Др* и шунтирующего конденсатора *С* (рис. 99). Для устранения искрения

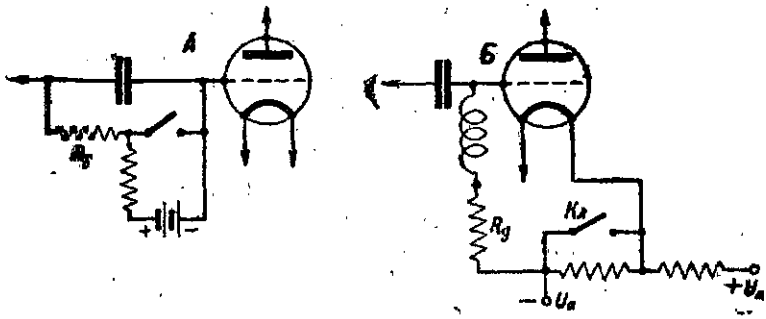


Рис. 98. При размыкании ключа лампа запирается отрицательным напряжением на сетке

ключа, создающего помехи близко расположенным радиовещательным приемникам, рекомендуется шунтировать ключ конденсатором в 0,5÷1,0 *мкф* с последовательно соединенным сопротивлением в 500÷1000 *ом*.

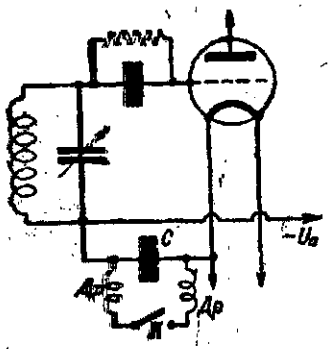


Рис. 99. Ключ разрывает одновременно цепи сетки и анода

8. Конструкции простейших передатчиков *

„Хартлей-трехточка" с самовозбуждением.

Описываемая ниже конструкция (из № 4 журн. „Радиофронт" за 1936 г.) благодаря простоте устройства и хорошей работе может быть рекомендована начинающим коротковолновикам, а также как учебный передатчик для кружков. Путем добавления еще одного каскада эту конструкцию легко усовершенствовать и пре-

---

* Согласно указанию Главной инспекции передающей радиосети СССР, приступать к постройке передатчиков без получения предварительного разрешения запрещено.

Любители, желающие экспериментировать с передающими схемами, должны предварительно обратиться в Инспекцию передающей радиосети при Областном управлении связи и лишь после получения письменного разрешения могут приступить к постройке передатчика.

Владение передатчика, установленного без разрешения, привлекается к ответственности.

вратить в схему *МО-РА* или *МО-FD*. Принципиальная схема передатчика приведена на рис. 100. Расположение деталей и монтаж показаны на рис. 101 и 102. Передатчик рассчитан для работы на лампе У0-104 (одна или две параллельно) при анодном напряжении 200÷350 *в*. Вместо У0-104 могут быть также применены лампы УК-30 или УБ-132. Колебательную мощность их можно определить из таблицы 14 (стр. 87).

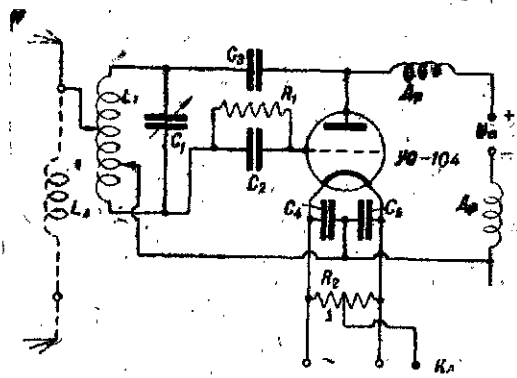


Рис. 100. Схема передатчика „Хартлей-трехточка" с самовозбуждением

Конденсатор настройки C_1, емкостью 450÷500 *см*, имеет на оси лимб, но для более устойчивой и удобной настройки лучше применить верньерную ручку или приставной верньер.

Конденсатор гридлика C_2 имеет емкость 200÷300 *см*. В качестве разделительного конденсатора C_3 емкостью не менее 1000 *см* на напряжение вдвое больше анодного, удобен конденсатор типа БК з-да им. Орджоникидзе на 800 *в*. Конденсаторы C_4 и C_5 по 3000 *см* пригодны любого типа.

Сопротивление утечки сетки R_1 берется типа Каминского. Величину его лучше подобрать на опыте. Для одной лампы У0-104 при U_a=300÷350 *в* R_1 будет порядка 20 000÷30 000 *ом*, при двух лампах—вдвое меньше, причем, чем выше анодное напряжение, тем больше нужно брать R_1. В таблице 14 указаны величины утечки сетки для ряда ламп, применяемых в передатчиках. Сопротивление R_2 примерно в 100—200 *ом* должно быть проволочное, рассчитанное на ток порядка 0,25÷0,3*а*.

Дроссели высокой частоты *Др* и катушки контура L_1 и антенны L_A—самодельные. Конструкция дросселей показана на рис. 103 Они имеют по 3 секции длиною в 25 *мм* с промежутками в 10 *мм* намотанные вплотную проводом ПБД 0,3 *мм* (можно от 0,15 до 0,4 *мм*).

Для каркаса лучше всего применять эбонитовую трубку, но можно использовать также картонные трубки. Для выводов обмотки на концах каркаса укреплены контакты. Вместо них можно укрепить небольшие жестяные пластинки, к которым припаиваются концы намотки, а затем и монтажные провода.

Катушки контура диаметром 60 *мм* мотаются из медной трубки или проволоки диаметром 3÷5 *мм*. Для 20-метрового диапазона катушка имеет 3 витка с шагом намотки 20 *мм*, для 40-метрового—5 витков с шагом намотки 12 *мм* и для 80-метрового—12

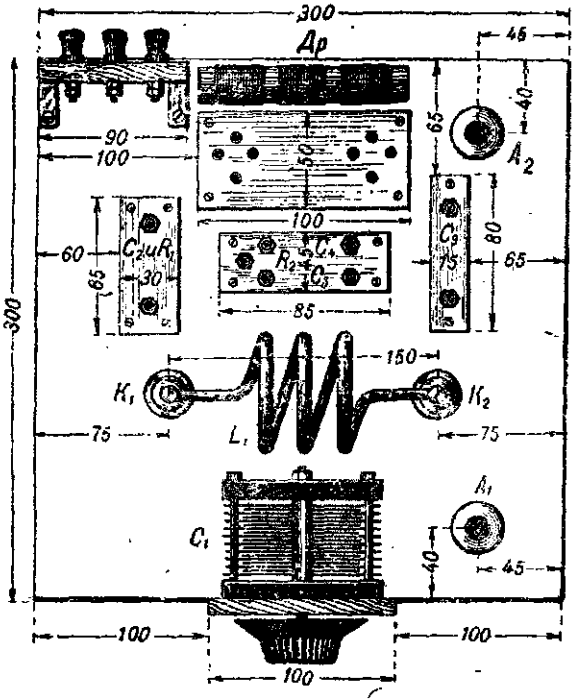


Рис. 101. Расположение деталей передатчика

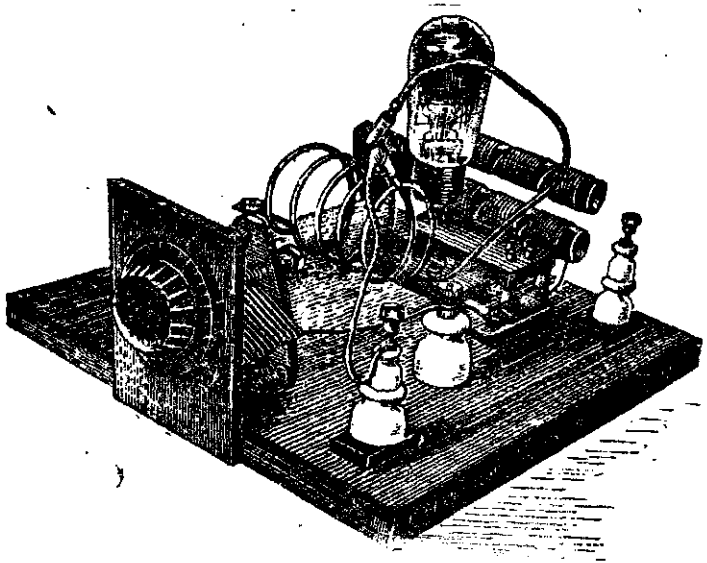


Рис. 102. Передатчик „Хартлей-трехточка"

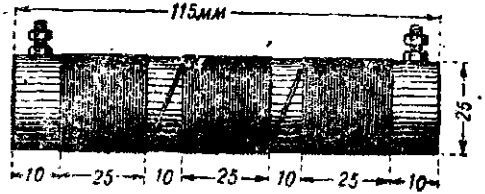


Рис. 103. Конструкция дросселей *Др*

витков, с шагом намотки 8 *мм*. Концы катушек отгибаются под прямым углом, сгибаются в петлю или расплющиваются и просверливаются для крепления (см. рис. 101).

Антенная катушка имеет 4 витка диаметром 55 *мм* и только один отогнутый конец с петлей или просверленным отверстием для крепления. Два щипка для контурной катушки и для антенны проще всего сделать из штепсельных вилок (рис. 104). На штепсельную ножку навинчивается изолирующая головка от клеммы.

Монтируется передатчик на горизонтальной деревянной панели размерами 300×300 *мм* и толщиною 15÷25 *мм*. Конденсатор C_1 крепится на небольшой вертикальной панели из фанеры

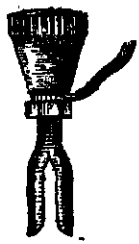


Рис. 104. Щипок из штепсельной вилки

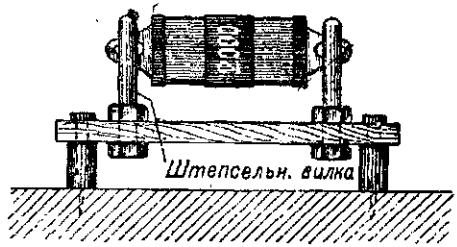


Рис. 105. Держатель конденсаторов и сопротивлений

размерами 100×130 *мм*, привинченной к переднему краю основания. Питание и ключ включаются на панель питания, сделанную из эбонита 5 *мм*, размерами 90×45 *мм* и привинченную с помощью двух угольников на левом краю задней стороны основания. На этой панели расположены 6 клемм—в два ряда по 3 клеммы.

Гридлик C_2R_1 крепится на небольшой эбонитовой панельке. Разделительный конденсатор C_3 на другой такой же панельке, а конденсаторы C_4 и C_5 и сопротивление R_2 помещены на третьей панельке (R_2 расположено под панелькой). Все эти панельки укреплены на высоте 20 *мм* от основания. Держатели конденсаторов и сопротивлений устраиваются из контактов или штепсельных ножек (рис. 105).

Ламповая панель на две лампы делается из эбонита. Можно также укрепить две карболитовые или пертинаксовые ламповые панельки. Дроссели *Др* крепятся непосредственно на монтажных проводах диаметром 2—3 *мм*. Для крепления контурной катушки изготовляют 2 изолятора (K_1 и K_2 на рис. 101) из фарфоровых роликов со втулками и болтами (рис. 106 *А*). Аналогичные изоляторы по рис. 106 *Б* и *В* делаются для присоединения фидеров антенны (A_1 и A_2 на рис. 101) и крепления антенной катушки.

Весь монтаж передатчика делается кратчайшим путем голым или эмалированным проводом толщиной 1,5÷2 *мм*. Налаживание и настройка такого передатчика разобраны в конце этой главы.

Передатчик *МО-РА*

Описанный выше передатчик с самовозбуждением можно легко превратить в двухкаскадный *МО-РА*, путем добавления к нему

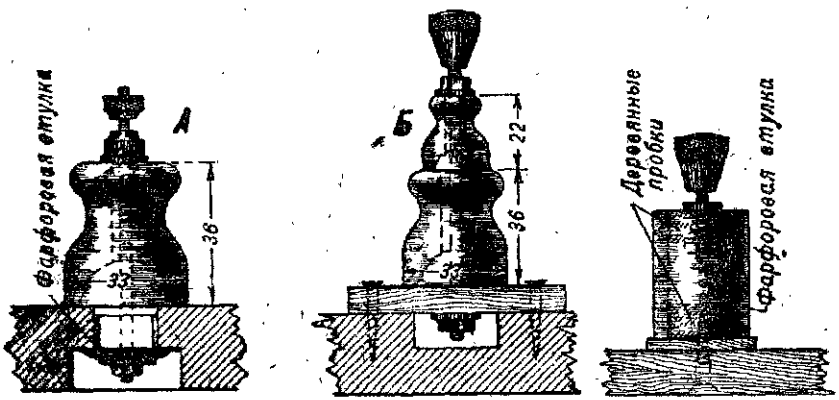


Рис. 106. Конструкции изоляторов для крепления катушек и присоединения фидеров антенны

возбудителя. Возбудитель собирается, по схеме трехточки Хартлея (рис. 107) на горизонтальной панели размерами 150×300 *мм*, которая должна примыкать к боковой стороне панели усилителя (рис. 108), в качестве которого будет работать передатчик „Хартлей", описанный выше. Обе панели соединяются в одну с помощью двух деревянных планок, длиною 450 *мм*, шириной 30—50 *мм* и толщиной 15—25 *мм*, которые привинчиваются снизу вдоль переднего и заднего края панелей.

Колебательный контур возбудителя состоит из конденсатора C_1 в 450÷500 *см* (рис. 107) и сменных катушек.

Конденсатор гридлика C_2 взят в 200—300 *см*, сопротивление R_1—в 20 000÷30 000 *ом*. Дроссель высокой частоты $Др_1$ аналогичен по своему устройству *Др*.

Нейтродинный конденсатор C_N должен иметь емкость порядка 20÷30 *см*. На рис. 109 показаны две конструкции нейтродинных конденсаторов. Первая из них (*А*) представляет обычный прямоемкостный конденсатор из двух неподвижных и одной подвижной пластины с расстоянием между пластинами 1 *мм*.

Вторая конструкция (*Б*) имеет две пластины в виде кружков, из которых один неподвижен, а другой вращается на винте. Емкость конденсатора изменяется благодаря изменению расстояния

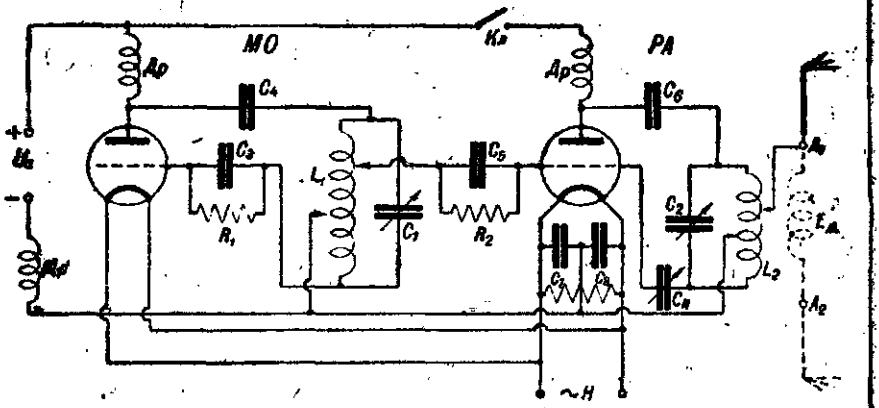


Рис. 107. Схема передатчика *МО-РА*

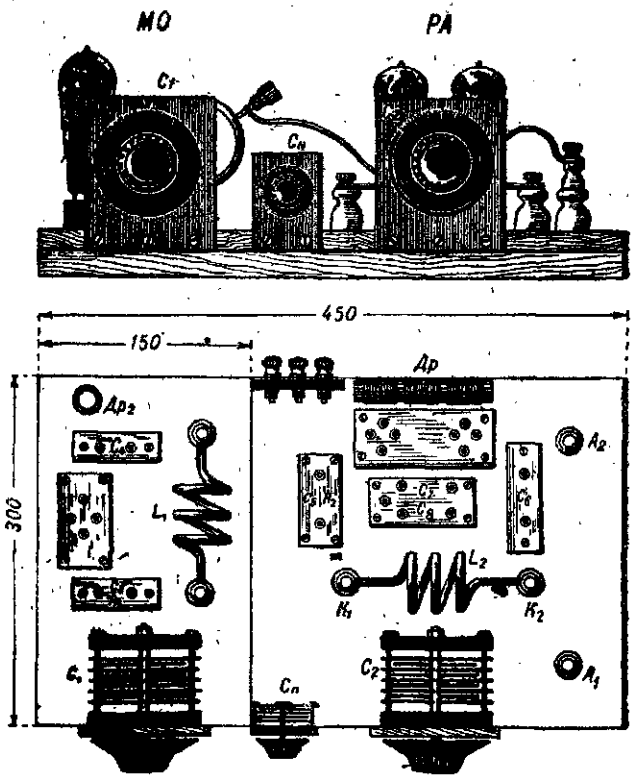


Рис. 108. Конструкция передатчика *МО-РА*

между пластинами. Для устранения возможности замыкания пластин и увеличения максимальной емкости желательно наклеить с помощью лака на неподвижный диск кружок тонкой слюды или эбонита, или даже пропарафиненного прессшпана (толщиной не более 0,5 *мм*).

Размещение деталей передатчика *МО-РА* видно из рис. 108.

Конденсатор C_1 в 500 *см* крепится точно так же, как и C_2. Так как в контуре усилителя достаточно иметь конденсатор емкостью не более 150÷200 *см*, то можно конденсатор в 500 *см* переставить из *РА* в *МО*, а в *РА* поставить конденсатор емкостью 150÷200 *см*.

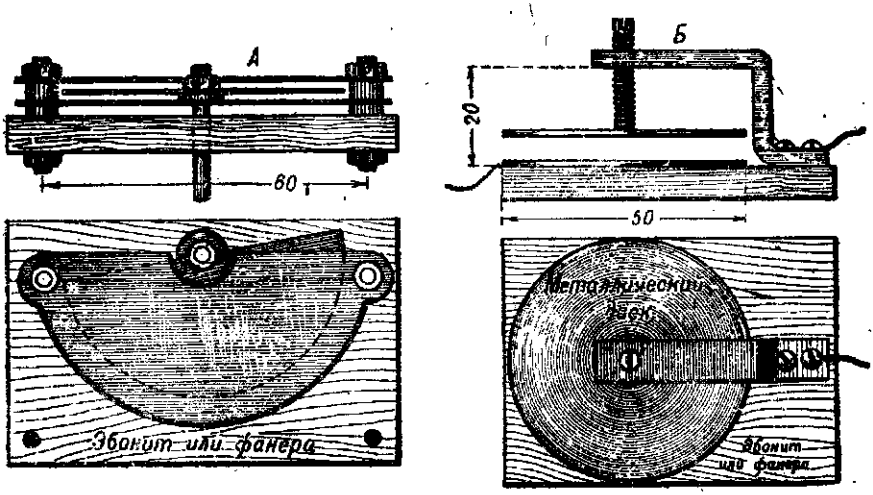


Рис. 109. Две конструкции нейтродинного конденсатора

В качестве катушек в *МО* необходимо применить катушки, описанные выше для трехточки. Укрепляются они на панели *МО*, на изоляторах по рис. 106.

Для *РА* надо сделать новые катушки по образцу прежних, но с большим числом витков, чтобы настройка получилась на сравнительно малой емкости C_2. При проводе диаметром в 3÷5 *мм* и диаметре катушки 60 *мм* надо для 20-метрового диапазона иметь 5 витков с шагом намотки 10 *мм*, для 40-метрового—12 витков с шагом 8 *мм*, для 80-метрового—20 витков с шагом 8 *мм*. Укрепляются катушки как и прежде на изоляторах, расположенных на расстоянии 150 *мм* друг от друга.

Дроссель $Др_1$ укрепляется вертикально с помощью шурупа, проходящего сквозь панель в деревянную пробку, туго вставленную в каркас дросселя. Питание анода и накала подводится к *МО* от клемм, установленных в *РА*.

Монтаж *РА* по сравнению с трехточкой несколько изменен. Провод от конденсатора гридлика отсоединяется от катушки и

заменяется гибким шнуром со щипком, идущим к катушке возбудителя L_1. О настройке передатчика *МО-РА* сказано дальше.

Для получения лучшей стабильности и тона в 20 и 10-метровом диапазонах следует работать по схеме *МО-FD*. При этом сопротивление гридлика R_2 увеличивается до 40 000÷60 000 *ом*. Катушка L_2 для волны 10 *м* должна иметь при диаметре 60 *мм* 3 витка с шагом намотки 20 *мм*.

Несмотря на то, что одна лампа УО-104 в удвоителе дает мощность не более 3—5 *вт*, с передатчиком *МО-FD* и антенной типа „американка" в 20-метровом диапазоне была осуществлена двухсторонняя связь (*QSO*) с Америкой и другими континентами.

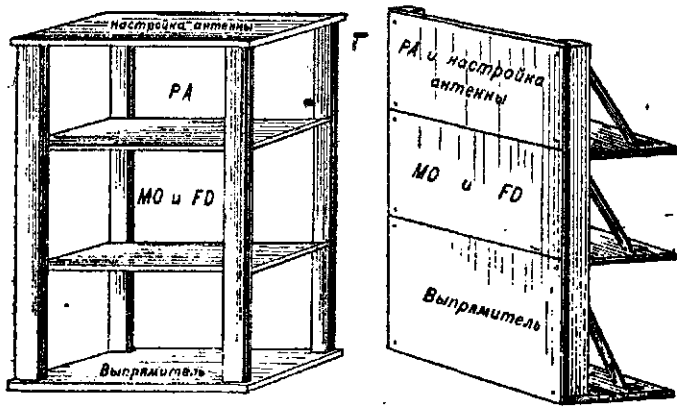


Рис. 110. Конструктивное оформление передатчиков с несколькими каскадами

Описанные конструкции являются простейшими. Можно самовозбуждающийся передатчик сделать не по схеме „Хартлей трехточка", а по любой из приведенных выше. Для стабильности лучше взять *TNT* или *TPTG* или схему Доу. В передатчике *МО-РА* возбудитель тоже может быть сделан по одной из этих схем. При наличии кварца возбудитель *СО* делается по схеме Кросслея или по схеме *tri-tet*. Усилительный каскад для увеличения мощности на более коротких волнах может быть двухтактным. Более сложные передатчики с тремя каскадами имеют удвоитель, чаще всего однотактный.

Монтаж на горизонтальной панели, примененный в двух описанных конструкциях, встречается наиболее часто в любительских передатчиках. При таком монтаже удобно поместить передатчик на полочку на стене, чтобы удалить его от оператора и уменьшить возможность тряски. Но можно также смонтировать передатчик на угловой панели, на „этажерке" с полками, на стойке с полками, в специальном шкафу и т. д. На рис. 110 показаны пример-

ные конструкции передатчиков с несколькими каскадами. Монтаж на полках удобен тем, что на нижней полке располагается выпрямитель, на следующей возбудитель и удвоитель, еще выше оконечный каскад и на самом верху элементы настройки антенны. Конечно, оформление и конструкция передатчика в значительной степени зависят от вкуса любителя.

9. Детали передатчиков

Переменные конденсаторы

Для контуров следует применять конденсаторы с хорошей изоляцией, механически прочные и с не очень малым расстоянием между пластинами. Отсутствие в продаже специальных конденсаторов для передатчиков заставляет любителей применять конденсаторы, предназначенные для приемников. Они подходят для мощностей до 20—30 *вт*. Для больших мощностей приходится их, во избежание пробоя, перебирать для увеличения расстояния между пластинами.

Для настройки на любительские диапазоны рекомендуются следующие емкости конденсаторов колебательных контуров: в возбудителе без кварца или в самовозбуждающемся передатчике для волны 84 *м*—400÷500 *см*, для волны в 42 *м*—200÷250 *см*, для волны 21 *м*—100÷125 *см* и для волны 10,5 *м*—50÷60 *см*.

Для контуров усилителей, удвоителей и кварцевых возбудителей следует брать в случае однотактных схем для волны в 84 *м*—200 *см*, для волны в 42 *м*—100 *см*, для волны в 21 *м*—50 *см* и т. д.

В двухтактных схемах рекомендуется иметь емкость в два раза меньше.

Конструкции нейтродинных конденсаторов уже приводились на рис. 109. Емкость их берется обычно в 20—30 *см*. В нейтродинных конденсаторах необходимо предусмотреть невозможность пробоя и короткого замыкания пластин, что достигается обычно применением твердого диэлектрика.

Катушки

В передатчиках применяют исключительно цилиндрические однослойные катушки. Чаще всего их делают из голого медного провода или трубки толщиною от 2 до 6 *мм*, желательно с посеребреной поверхностью. Такого типа катушки, применяемые в описанных выше конструкциях, мотаются обычно на деревянных болванках с диаметром, равным примерно $^3/_4$ диаметра катушки. При проводе толще 4 *мм* катушки делаются без каркаса. А при более тонком проводе желательно применить эбонитовые планки с просверленными в них отверстиями, через которые пропускаются витки катушки.

Для 80-метрового диапазона в возбудителях можно применять катушки из изолированного провода диаметром 1÷2 *мм*, ПЭ или с шелковой или бумажной изоляцией, намотанные на цилиндрическом каркасе. Такие же катушки даже из более тонкого провода допустимы для сеточных катушек в схемах *TPTG* и *TNT*.

Эти катушки делаются по образцу катушек приемников, но несколько большего размера, и имеют на каркасах штепсельные ножки для включения в схему.

Наиболее выгодные размеры катушек следующие: длина катушки l (рис. 111) должна составлять примерно от $^1/_5$ до целого диаметра D. Лучше всего иметь длину, равную 0,4 D. Шаг намотки a рекомендуется брать в 2—3 раза больше диаметра провода d.

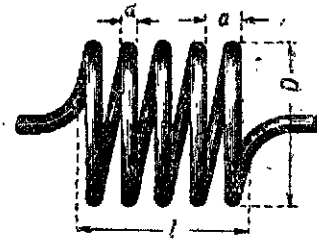


Рис. 111. Форма катушек передатчика

В табл. 15 (стр. 116) приведены данные катушек для всех любительских диапазонов с конденсаторами разных емкостей в контуре, при условии, что настройка на диапазон получается в конце шкалы конденсатора т. е. почти при полной его емкости *.

Дроссели высокой частоты

В описанных выше конструкциях были приведены простые и хорошие дроссели с цилиндрической секционной намоткой. Намотка секциями с промежутками между ними обязательна. Сами секции могут иметь как однослойную намотку, так и многослойную. Провод следует брать с хорошей изоляцией и такой толщины, чтобы он не нагревался от проходящего анодного тока. В качестве каркасов для дросселей можно применять картонные, стеклянные, эбонитовые или фарфоровые трубки.

Постоянные конденсаторы и сопротивления

Конденсаторы постоянной емкости нужно брать слюдяные и с достаточно высоким пробивным напряжением.

Сопротивления гридлика берут обычно типа Каминского, если мощность не велика. Допустимая мощность, расходуемая на одно сопротивление, не превышает 0,5—0,8 *вт*. В случае больших мощностей рекомендуется вместо одного сопротивления R включить последовательно два сопротивления по $^1/_2$ R или параллельно два сопротивления по 2 R. Тогда общее сопротивление останется равным R, но мощность удвоится, а допустимый ток

* Таблица заимствована из „The radio amateur's handbook" 1936 г.

Таблица 15

ЧИСЛА ВИТКОВ КАТУШЕК ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ ДИАПАЗОНОВ

Тип катушки (рис. 111)	Диапазон	160 м			80 м				40 м				20 м			10 м		
	Емкость конденсатора в сантиметрах	500	250	100	500	250	100	50	500	250	100	50	250	100	50	250	100	50
Провод $d = 6$ мм; $a = 10$ мм	$D =$ 38 мм	—	—	—	—	—	—	—	9	17	—	—	5	11	—	2	4	6
" " "	$D =$ 51 "	—	—	—	18	—	—	—	6	10	22	—	4	7	12	—	3	5
" " "	$D =$ 62 "	—	—	—	12	—	—	—	5	7	15	—	3	6	9	—	2	4
" " "	$D =$ 76 "	—	—	—	10	17	—	—	4	6	12	—	—	5	7	—	—	3
" " "	$D =$ 101 "	20	—	—	7	11	24	—	—	—	8	15	—	—	5	—	—	—
" " "	$D =$ 152 "	12	20	—	—	—	—	24	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—
$d = 4{,}8$ мм; $a = 8$ мм	$D =$ 38 мм	—	—	—	—	—	—	—	8	13	—	—	5	10	16	2	4	6
" "	$D =$ 51 "	—	—	—	16	—	—	—	5	9	20	—	4	7	10	—	3	4
" "	$D =$ 62 "	—	—	—	11	20	—	—	4	6	14	24	3	5	7	—	2	3
" "	$D =$ 76 "	27	—	—	9	15	—	—	—	—	10	20	—	4	6	—	—	—
" "	$D =$ 101 "	18	32	—	—	10	22	40	—	—	—	18	—	—	—	—	—	—
$d = 2$ мм; $a = 4$ мм	$D =$ 38 мм	—	—	—	16	28	—	—	6	9	19	—	4	7	11	—	3	4
" "	$D =$ 51 "	34	—	—	10	19	40	—	4	7	13	24	3	5	8	—	2	3
" "	$D =$ 62 "	24	45	—	8	14	29	50	—	5	10	16	2	4	6	—	2	3
" "	$D =$ 76 "	18	34	—	—	11	22	40	—	—	8	12	—	—	—	—	—	—
" "	$D =$ 89 "	16	26	54	—	9	15	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$d = 1{,}6$ мм ПБД; $a = 2$ мм	$D =$ 38 мм	30	53	—	10	17	35	—	—	7	11	22	3	6	8	—	2	4
" "	$D =$ 51 "	20	35	75	8	12	24	40	—	5	9	16	2	4	6	—	—	—
" "	$D =$ 62 "	16	25	53	7	10	19	32	—	4	8	12	—	3	5	—	—	—
" "	$D =$ 76 "	14	22	40	—	9	16	24	—	—	7	10	—	—	—	—	—	—

нагрузки при этом увеличится примерно в 1,5 раза. Сопротивления для средних точек в цепях накала лучше делать проволочные. Необходимо толщину провода для них брать в соответствии с величиной анодного тока.

Кварцедержатель

Одна из возможных конструкций кварцедержателей показана на рис. 90. Корпусом является карболитовый ламповый цоколь большого размера, в котором оставлены лишь две штепсельных ножки. Внутрь кладется кружок изоляционного материала (прессшпан, эбонит и т. д.), затем металлический кружок, являющийся одной обкладкой кварца. На него кладется кварцевая пластина, которая сверху покрывается вторым металлическим кружком—обкладкой. Поверхности обкладок, соприкасающиеся с кварцем, желательно отшлифовать, чтобы они были гладкими. Металл для обкладок лучше всего серебро, но можно применить латунь или алюминий. Обе обкладки проволочками соединены со штепсельными ножками. Полезно сверху в цоколе сделать крышку, через которую пропустить регулировочный винт, с помощью которого можно прижимать обкладки к кварцу. Для уменьшения температурных влияний на кварц, нужно нижнюю обкладку сделать в виде массивного куска металла.

10. Налаживание и настройка передатчика

Правильно собранный передатчик с самовозбуждением обычно всегда сразу работает безотказно. Для проверки работы передатчика и его настройки служат индикаторы (см. гл. VIII), в виде лампочки от карманного фонаря или лампы Микро (ПТ-2) (для малой мощности), замкнутой на $1 \div 2$ витка проволоки (рис. 112).

Если приблизить витки индикатора к катушке передатчика, то при наличии генерации колебаний лампочка загорится. Генерацию колебаний можно обнаружить также, если коснуться конца катушки графитом карандаша, при этом должна получиться искра. Можно с успехом использовать также неоновую лампочку на 120 *в*. Если взять ее баллон рукой и коснуться одним контактом цоколя к концу катушки, то при генерации наблюдается свечение неона.

Затем нужно вращать конденсатор контура и убедиться, что генерация не имеет провалов. На малой емкости контура мощность должна уменьшаться.

Если генерация отсутствует, то надо проверить тщательно монтаж, лампу и наличие анодного напряжения на ней. Верным признаком последнего является небольшое уменьшение накала (притухание) лампы при замыкании анодной цепи. Для получения максимальной мощности, определяемой по наибольшему на-

калу индикатора, следует переставлять щипки на катушке контура и изменять сопротивление гридлика.

Настройка передатчика на нужный диапазон и необходимую волну в нем производится по волномеру, монитору или по приемнику (см. гл. VIII).

При смещении от гридлика срыв колебаний влечет за собою перегрев анода. Поэтому, если при манипуляции с передатчиком замечено, что индикатор потух и анод стал накаливаться докрасна, необходимо немедленно во избежание перегрева анода и порчи лампы выключить анодное напряжение.

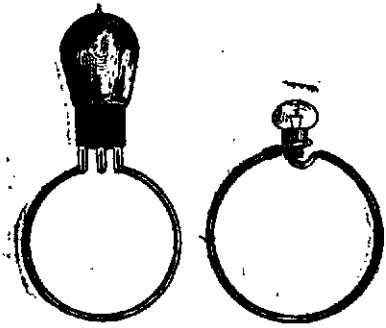


Рис. 112. Индикаторы колебаний

После получения хорошей генерации связывают передатчик с антенной и настраивают последнюю в резонанс. При правильном расчете антенны обычно всегда удается сразу получить накал индикатора в антенне и тогда приходится лишь немного подстраивать антенну и передатчик. Связь с антенной изменяет волну самовозбуждающегося передатчика, и поэтому нужно снова по волномеру, монитору или приемнику поправить настройку. Нельзя делать связь самовозбуждающегося генератора с антенной очень сильной, так как тогда ухудшится тон и может появиться „затягивание" колебаний, выражающееся в том, что

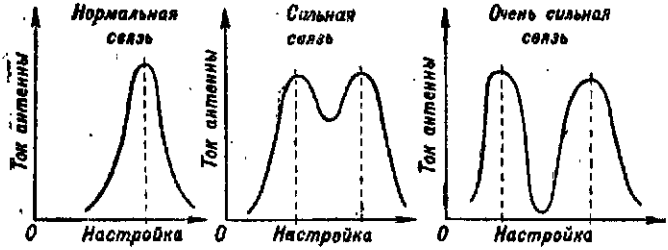


Рис. 113. Кривые резонанса при различной связи антенны с самовозбуждающимся генератором

получатся два резонанса: индикатор в антенне будет иметь два максимума накала на двух разных волнах (рис. 113). При таком режиме получается очень плохой тон, волна неустойчива и может изменяться скачками. Всегда следует связь с антенной брать такой величины, чтобы тон заметно не ухудшался (проверять тон нужно с помощью волномера или по приемнику, настраивая его на волну в 2-3-4 раза больше волны передатчика) и чтобы был лишь один резонанс.

Иногда плохой тон получается от перевозбужденного режима. Тогда нужно переставить щипок накала так, чтобы между ним и сеточным концом катушки контура стало меньше витков. Улучшение тона всегда достигается некоторым уменьшением мощности. Нужно помнить, что хороший тон при меньшей мощности всегда дает лучшие результаты, чем большая мощность с плохим тоном. Засорять эфир плохим тоном недопустимо. Поэтому, пока не получен хороший тон работы передатчика, не следует включать антенну.

Нельзя сразу брать связь с антенной очень сильной, так как тогда могут сорваться колебания и получится перегрев анода. Всегда нужно начинать с самой малой связи и постепенно ее увеличивать, следя за тоном и за мощностью в антенне по индикатору.

При настройке передатчика *МО-РА*, возбудитель проверяется и настраивается аналогично описанному выше. Когда достигнута правильная работа *МО*, он связывается с *РА*. Здесь тоже не следует начинать с сильной связи. Можно щипок связи включить сначала на половину витков анодной части катушки *МО*. Затем нужно осуществить нейтрализацию *РА*. Для этого, не включая на него анодного напряжения, индикатором проверяют наличие колебаний в его анодном контуре. Обычно индикатор (лучше брать чувствительный индикатор—лампу „Микро") покажет, что в контур *РА* „просачивается" энергия из *МО*. Вращением нейтродинного конденсатора добиваются полного отсутствия колебаний в контуре *РА*. Если такое положение не достигается даже при крайних значениях емкости нейтродинного конденсатора, то нужно переставить щипок C_N на другой виток. Когда нейтрализация получена, дают высокое напряжение на *РА* и индикатором проверяют наличие колебаний в контуре *РА*, которые должны быть в нем лишь при настройке его в резонанс с *МО*. Когда колебания в *РА* получены, то пробуют увеличить связь *РА* с *МО* и изменяют сопротивление гридлика *РА* для получения наибольшей мощности и хорошего тона. Слишком сильная связь может ухудшить тон и стабильность, или даже сорвать колебания в *МО*. При настройке приходится иногда подстраивать нейтрализацию. Правильность нейтрализации можно легко проверить на приемник. Если при отжатом ключе в *РА* волна одного *МО* точно такая же, как и волна при нажатом ключе, когда работает *РА*, значит нейтрализация сделана точно. В противном случае, при неточной нейтрализации волна одного *МО* и волна *МО-РА* не совпадают друг с другом. Когда весь *МО-РА* дает хорошую генерацию и тон, можно связать *РА* с антенной. В этом случае явление затягивания и двухволнистость не получаются, но все же слишком сильная связь ухудшает тон, стабильность и может даже сорвать колебания. Включение антенны немного нарушает настройку контура *РА*.

Необходимо помнить, что смена лампы и переход с одного диапазона на другой нарушают нейтрализацию. Полезно записывать положения щипков на катушках и деления конденсаторов для разных диапазонов, чтобы иметь возможность быстро настраивать передатчик на нужный диапазон.

11. Лампы для любительских передатчиков

Любительские передатчики в большинстве случаев работают на обычных усилительных лампах, применяемых в приемниках.

Для передатчиков средней мощности лучшей лампой является УО-104. Она хорошо работает и как возбудитель, и как усилитель или удвоитель. По своей невысокой стоимости (особенно дешевы неполноценные лампы, которые отлично работают), УО-104 очень удобна и срок службы ее достаточно велик.

Хорошо работают лампы УК-30. Специальные генераторные лампы ГК-20 (иначе ГК-36) дороги и требуют анодного напряжения 750 *в*, что труднее обеспечить, чем 200 ÷ 400 *в* для УО-104.

В передатчиках малой мощности с успехом применяют УБ-132 и СО-124, которая позволяет осуществить схемы Доу, *tri-tet* и усиление без нейтрализации, и, наконец, для самых малых мощностей—УБ-107, УБ-110, УБ-152, СБ-154. Для схем *tri-tet* и Доу могут быть также использованы пентоды СБ-155, СО-182 и СО-187 (или СО-122) и даже пентагрид СО-183,—лампы, дающие значительную мощность. Но они дороги и поэтому применять их в передатчиках нерационально.

В современных передатчиках мощные тетроды и пентоды с выведенной отдельно антидинатронной сеткой применяются весьма широко. Они сокращают число каскадов, устраняют нейтрализацию, обеспечивают высокую стабильность и позволяют осуществлять удобную модуляцию.

В таблице 14 (стр. 87) даны основные данные режима и параметры ламп, применяемых в наших любительских передатчиках в качестве генераторных. Обозначения в этой таблице U_f — напряжение накала; I_f — ток накала; U_a — нормальное анодное напряжение, которое можно повысить при телеграфной работе не более, чем на 50%, при одновременном повышении смещения на сетке U_g, или понизить тоже не более, чем на 50%. При этом, конечно, соответственно увеличится или уменьшиться полезная мощность P_k и мощность рассеяния на аноде P_a. I_s — ток насыщения; P_a — нормальное допустимое рассеяние на аноде; P_k — нормальная колебательная мощность при нормальном U_a (практически обычно P_k получается несколько меньше); $U_{(g)}$ — напряжение экранирующей сетки; U_g — смещение на сетке при нормальном U_a; R_g — сопротивление гридлика для получения нормального смещения U_g; C_{ag} — емкость анод-сетка; μ — коэфициент

усиления; D — проницаемость; S — крутизна характеристики R_i — внутреннее сопротивление.

Все приводимые данные режима относятся к использованию ламп в усилительном каскаде или в возбудителе. Желательно, однако, чтобы возбудитель для большей стабильности работал с несколько пониженным U_a. При использовании ламп в удвоителе — P_k уменьшается вдвое, а U_g надо увеличить в два раза, что достигается увеличением R_g примерно в $2 \div 3$ раза.

Для удвоителя можно более безопасно повышать U_a.

При двухтактном или параллельном включении ламп все данные режима и параметры остаются, но P_k каждой лампы несколько уменьшается. Сопротивление гридлика R_g в этом случае берется вдвое меньше, чем при одной лампе.

Значения R_g в таблице даны ориентировочные. Они зависят от характеристик сеточного тока, а эти последние у разных экземпляров ламп отличаются друг от друга. Поэтому всегда рекомендуется подобрать R_g на опыте.

Параметры у разных ламп, а значит и данные режима, тоже не вполне одинаковы и поэтому величины в таблице являются средними для полноценных первосортных ламп.

Глава VI

РАДИОТЕЛЕФОНИЯ

Работа телефоном более сложна по технике и поэтому требует от любителя хорошего знакомства с работой передатчика.

Успешная работа телефоном может производиться только в случае, если передатчик обладает стабильной частотой и хорошим тоном. Громкость и дальность передачи телефоном всегда меньше, чем сигналами Морзе. Обычно слышимость телефонии получается на $1 \div 2$ балла ниже, чем телеграфных сигналов.

1. Принцип радиотелефонной модуляции

Радиотелефонная передача, т. е. передача речи и музыки возможна лишь при генерировании передатчиком чистых незатухающих колебаний, т. е. колебаний со строго постоянной амплитудой.

Для осуществления радиотелефонной передачи необходимо изменять амплитуды незатухающих колебаний высокой частоты соответственно форме передаваемых колебаний звуковой частоты. Такой процесс носит название **радиотелефонной модуляции.**

Основное колебание высокой частоты, на которое тем или иным методом воздействуют колебания звуковой частоты, называется **несущей частотой** или переносчиком. Полученные в результате модуляции колебания высокой частоты с изменяющейся амплитудой называются **модулированными колебаниями.** А те

устройства, которые позволяют осуществить получение таких колебаний в генераторе, называются **модуляционными устройствами или модуляторами.**

Наиболее ясное представление о модуляции дают графики получения модулированных колебаний (рис. 114). Кривая *А*—несущая частота; *Б*—звуковое колебание, подлежащее передаче; *В*—модулированные колебания. Как видно изменение амплитуд модулированных колебаний в точности соответствует форме звуковой кривой. На том же рисунке даны кривые колебаний, получающиеся в результате процесса демодуляции или детектирования в приемнике. Перед детектором колебания имеют вид кривой *В*. После детектирования* получается кривая *Г*. Наконец, среднее значение детектированных токов, воздействующее на мембрану телефона, дано кривой *Д*, точно воспроизводящей кривую передаваемого звука *Б*, и дающей в телефоне или в репродукторе тот звук, который был произведен перед микрофоном передатчика. Разбор модуляции на графиках с кривыми сложных звуков (подобно рис. 114) получается слишком трудным. Гораздо проще для теоретического разбора модуляции считать, что она производится простым синусоидальным звуковым колебанием. В таком случае наши чертежи примут вид рис. 115.

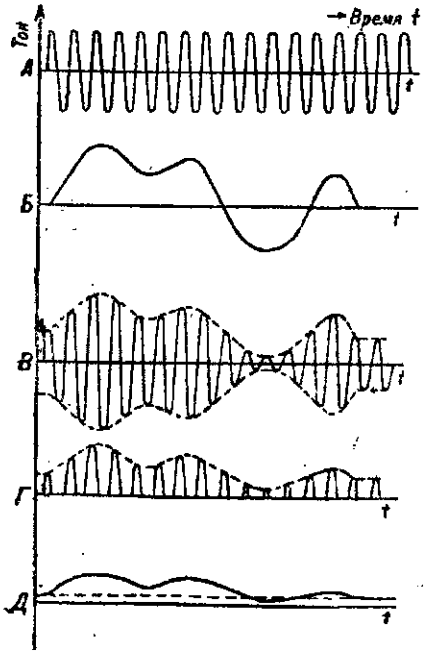


Рис. 114. Модуляция и демодуляция при сложном звуке

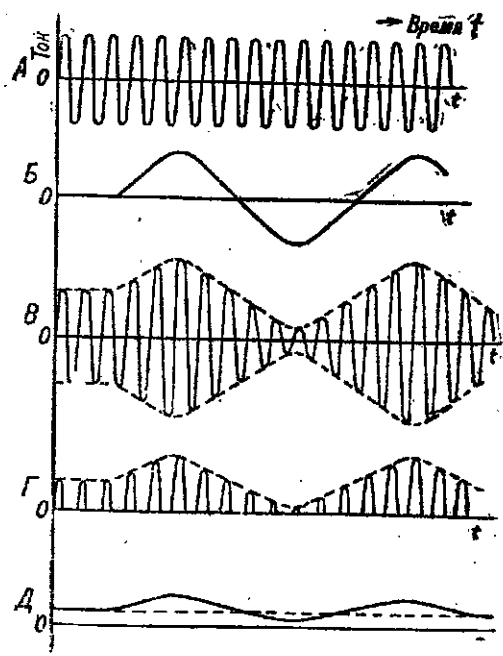


Рис. 115. Модуляция простым звуком

* Для простоты предполагаем кристаллический детектор или анодное детектирование на нижнем перегибе.

2. Несущая и боковые частоты

Модулированные простым звуком колебания (рис. 115 *В*) представляют собою, как показывает теория, сумму трех незатухающих синусоидальных колебаний или как говорят трех частот: несущей и двух так называемых боковых частот, полученных путем прибавления к несущей частоте и вычитания из нее частоты модулирующего звука. Поясним это примером. Если радиостанция работает частотой 500 *кгц* и модулируется звуковыми колебаниями с частотой 2000 *гц* или 2 *кгц*, то модулированные колебания можно разложить на три синусоидальных колебания: несущую частоту в 500 *кгц*, нижнюю боковую частоту, равную 500 *кгц*—2 *кгц*, т. е.—498 *кгц*, и верхнюю боковую частоту 500 *кгц*+2 *кгц*=502 *кгц*. Амплитуды обеих боковых частот одинаковы, но меньше чем амплитуда несущей частоты. Если обозначить несущую частоту через f_0, а звуковую частоту через F, то боковые частоты выразятся следующими формулами: нижняя $f_1 = f_0 - F$ и верхняя $f_2 = f_0 + F$.

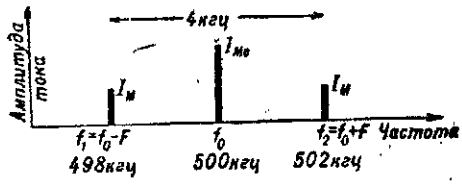


Рис. 116. Диаграмма боковых частот

На рис. 116 дана диаграмма, показывающая распределение частот и амплитуд в составных частях модулированного колебания.

Практически же при радиотелефонировании модуляция производится сложным звуком, который представляет собой сумму ряда простых синусоидальных колебаний различной частоты и амплитуды. Большинство этих составных колебаний имеет частоту в целое число раз больше основной частоты данного сложного звука и называется высшими гармониками или гармоническими частотами. Кроме того, сами сложные основные звуки, встречающиеся в музыкальной или разговорной передаче, имеют различную частоту. Для неискаженного воспроизведения речи и музыки должны быть сохранены и переданы не только все основные звуки, свойственные различным нотам музыкальных инструментов и человеческого голоса, но и их гармоники по крайней мере до 3-й включительно (т. е. до имеющей частоту втрое больше основной). Таким образом радиотелефонный передатчик должен передать не одну звуковую частоту, а целую полосу частот, не менее, чем от 50 до 10000 *гц*. А для передачи одной только речи (коммерческая и служебная телефония), с допущением некоторых искажений можно взять полосу частот примерно от 200 до 2000 *гц*. Очевидно, что в этих случаях имеются не две боковые частоты, а две полосы боковых частот. Если передатчик работает несущей частотой 500 *кгц*, то при передаче музыки с диапазоном частот от 50 до 10000 *гц* (или от 0,05 до 10 *кгц*) боковые полосы будут образованы следующим образом. Нижняя полоса займет диа-

пазон от (500—10) *кгц* до (500—0,05) *кгц* или от 490 до 499,95 *кгц*, а верхняя полоса займет частоты от 500,05 *кгц* до 510 *кгц*. Наглядная диаграмма этого распределения частот дана на рис. 117. Полоса частот, излучаемая телефонным передатчиком, вдвое больше диапазона частот модулирующих звуков. Если же передатчик

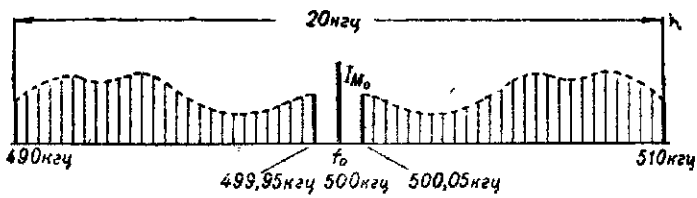


Рис. 117. Боковые полосы частот

предназначен лишь для разговорной телефонии, то полоса частот может быть значительно меньше,—всего лишь около 4 *кгц*. При более широкой полосе частот передача будет, конечно, гораздо чище и художественнее. Однако, вследствие значительной тесноты в эфире, принято для устранения взаимных помех радиотелефонных станций отводить каждой станции полосу не более 9 ÷ 10 *кгц*, что позволяет передать звуки с частотой не выше 4500—5000 *гц*, а все более высокие звуки и гармоники срезаются.

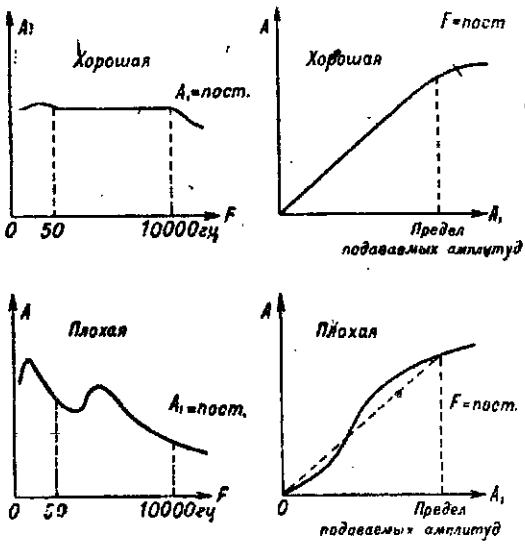


Рис. 118. Частотные и амплитудные характеристики

Искажения при радиотелефонии вызываются не только узостью излучаемой передатчиком полосы частот. Сам передатчик и модуляционное устройство должны быть сконструированы так, чтобы через все его цепи пропускался весь диапазон звуковых частот без нарушения соотношения силы отдельных звуков, независимо от их частоты и амплитуды. Если детали передатчика пропускают различные звуковые частоты не одинаково, возникают так называемые **частотные искажения**. Если же звук данной частоты пропускается не пропорционально своей амплитуде, возникают **амплитудные** (нелинейные) **искажения**. Наглядное представление о таких иска-

жениях дают частотные характеристики, выражающие зависимость силы тока звуковой частоты от изменения этой частоты, и амплитудные характеристики, дающие зависимость получаемой амплитуды от приложенной к данному прибору амплитуды. В случае неискаженной передачи все приборы (микрофон, трансформаторы, дроссели и т. д.) должны иметь эти характеристики по возможности прямолинейными в пределах передаваемых частот и амплитуд. На рис. 118 приведены идеальные и плохие частотные и амплитудные характеристики. Подобное же требование должно быть предъявлено и ко всему приемному устройству, начиная от контура и кончая репродуктором.

Из сказанного выше следует, что модулированные колебания можно рассматривать с двух точек зрения: либо как колебания одной определенной частоты с изменяющейся амплитудой, либо как сумму трех колебаний с неизменными амплитудами, но с разными частотами f_o, f_o+F и f_o-F. Оба взгляда имеют одну и ту же физическую сущность и всегда приводят хотя и разными путями к совершенно одинаковым результатам. Поэтому мы будем в дальнейшем применять обе точки зрения, пользуясь в каждом отдельном случае той из них, которая наиболее быстро, просто и ясно даст нам ответ на интересующий вопрос.

3. Глубина или коэфициент модуляции

В зависимости от силы воздействия звуковой частоты на несущую, у модулированных колебаний может получиться более или менее значительное изменение амплитуды. Эта величина изменения амплитуды модулированных колебаний называется глубиной модуляции. За величину глубины модуляции удобно принять отношение максимального изменения амплитуды незатухающих колебаний высокой частоты к амплитуде этих колебаний при отсутствии модуляции, т. е. к амплитуде несущей частоты. Согласно обозначениям на рис. 119 коэфициент модуляции:

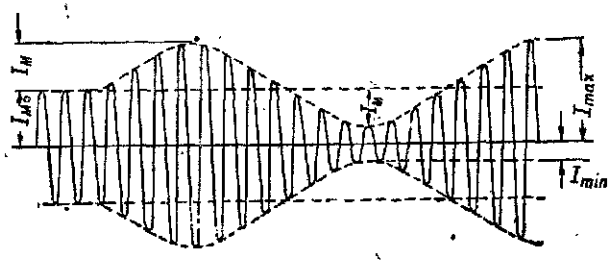


Рис. 119. Глубина модуляции

$$m = \frac{I_M}{I_{Mo}} \qquad (1)$$

или в процентах $m\ \% = \frac{I_M}{I_{Mo}} \cdot 100$

Это отношение обычно называют коэфициентом модуляции или глубиной модуляции. Удобнее глубину модуляции выразить иначе. Так как (см. рис. 119)

$$I_M = \frac{I_{max} - I_{min}}{2}, \text{ а } I_{Mo} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2}$$

где I_{max} — максимальная амплитуда и I_{min} — минимальная амплитуда модулированных колебаний, то, подставив эти значения I_M и I_{Mo} в формулу (I), получим

$$m = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \cdot 100\%$$

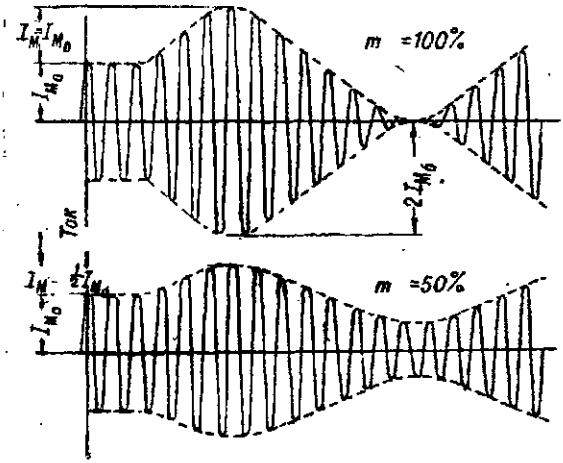


Рис. 120. Различная глубина модуляции

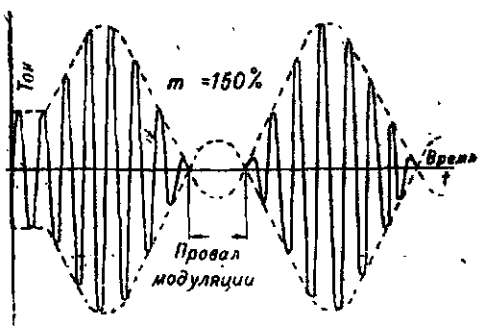


Рис. 121. Явление перемодуляции

Очевидно, что при $m = 0$ вообще никакой модуляции нет. А наибольшая возможная глубина модуляции без искажений будет при $m = 100\%$. В этом случае амплитуда модулированных колебаний изменяется от нуля до двойной величины I_{Mo}. Практически однако применяют всегда глубину модуляции меньше 100% по причинам, которые будут изложены ниже. На рис. 120 даны графики колебаний при $m = 100\%$ и $m = 50\%$. При слишком больших амплитудах модулирующих колебаний звуковой частоты можно получить модуляцию с глубиной больше 100% (рис. 121). Такое явление носит название перемодуляции и приводит к большим искажениям и к полным провалам некоторых звуков. Чем

же практически определяется допустимая глубина модуляции? При радиотелефонировании приходится передавать звуки различной силы. В результате глубина модуляции не будет постоянной, как в разобранном выше случае модуляции простым синусоидальным звуком, а будет изменяться. На сильных звуках она будет больше, на слабых меньше. Для сохранения соотношения силы отдельных звуков приходится рассчитывать глубину модуляции на некоторый средней силы звук и допустить, чтобы $m = 100\%$ лишь при самых сильных звуках. Таким образом, когда говорят о глубине модуляции передатчика (например $m = 60\%$), то под этим подразумевают некоторую среднюю величину (m_{med}). Отсюда ясно, что m_{med} не может быть равна 100%. У радиотелефонных станций m_{med} обычно колеблется от 30% до 80%. Так как при увеличении m_{med} возрастает дальность действия станции, то при разговорной телефонии доводят иногда m_{med} до $85 \div 90\%$, мирясь с искажениями сильных звуков. А при концертной телефонии допускают m'_{med} обычно не свыше $50 \div 60\%$.

4. Мощность колебаний при модуляции

Мы уже говорили, что амплитуда боковых частот меньше амплитуды несущей частоты. Кроме того, амплитуда несущей частоты остается постоянной, а у боковых частот амплитуда меняется (иногда почти до нуля, если звук очень слаб). Следовательно, мощность боковых полос много меньше мощности несущей волны. Между тем полезной мощностью при телефонии является только мощность обеих боковых полос. Теория показывает, что мощность двух боковых полос даже при $m = 100\%$ составляет всего лишь $\frac{1}{3}$ общей излучаемой мощности, а $\frac{2}{3}$ приходится на долю несущей волны. При меньшей глубине модуляции это соотношение становится еще менее благоприятным. Так, например, при $m = 50\%$ мощность боковых волн составляет только 0,1 всей мощности. Отсюда понятно то, что при прочих равных условиях телефонная станция дает дальность действия значительно меньше, чем телеграфная и что к.п.д. телефонного передатчика значительно ниже к.п.д. телеграфного.

Если обозначить мощность несущей волны, называемую иначе мощностью холостого хода (мощность передатчика при отсутствии модуляции) через P_{Mo}, то мощность боковых полос, называемая телефонной или модулирующей мощностью P_M, выражается формулой

$$P_M = \frac{1}{2} P_{Mo} \cdot m^2 \qquad (2)$$

На каждую боковую полосу приходится очевидно мощность в $^1/_2\ P_M$ или $^1/_4\ P_{Mo}$ m^2. При $m=100\%$ или $m=1$, $P_M=\frac{1}{2}P_{Mo}$, т. е. из всей мощности $^1/_3$ приходится на P_M, а $^2/_3$ на P_{Mo}.

Общая мощность модулированных колебаний P, называемая мощностью в телефонном режиме или средней мощностью при модуляции, равна очевидно сумме P_{Mo} и P_M

$$P=P_{Mo}\left(1+\frac{m^2}{2}\right) \qquad (3)$$

Пример: Пусть передатчик имеет мощность несущей волны $P_{Mo}=10$ *вт* и $m=70\%$ или $m=0{,}7$. Вычислим P_M и P.

По формуле (2) получаем: $P_M=\frac{1}{2}\cdot 10\cdot 0{,}7^2\approx 2{,}5$ *вт*, следовательно, $P=P_{Mo}+P_M=10+2{,}5=12{,}5$ *вт*. Можно, конечно, P определить сразу по формуле (3):

$$P=10\left(1+\frac{0{,}7^2}{2}\right)\approx 10\cdot 1{,}25=12{,}5\ вт.$$

Необходимо упомянуть еще о так называемых максимальной и минимальной мощностях телефонного передатчика (P_{max} и P_{min}), соответствующих максимальной I_{max} и минимальной I_{min} амплитудам модулированных колебаний (рис. 119). Они легко находятся по формулам:

$$P_{max}=P_{Mo}\ (1+m)^2 \quad \text{и} \quad P_{min}=P_{Mo}\ (1-m)^2 \qquad (4)$$

Например, если $P_{Mo}=10$ *вт* и $m=0{,}5$, то $P_{max}=10\ (1+0{,}5)^2=22{,}5$ *вт* и $P_{min}=10\ (1-0{,}5)^2=2{,}5$ *вт*. Следовательно, в данном случае мощность колеблется в пределах от 2,5 до 22,5 *вт*. Однако, мы знаем, что иногда при сильных звуках m достигает 1 ($m=100\%$). Для этого случая имеем: $P_{max}=10\ (1+1)^2=40$ *вт* и $P_{min}=10\ (1-1)^2=0$ *вт*. Таким образом при глубине модуляции в 100% мощность передатчика изменяется от нуля до учетверенного значения мощности несущей частоты. Следовательно, телефонный передатчик должен быть в состоянии на короткие моменты создавать максимальную или пиковую мощность $P_{max}=4\ P_{Mo}$. Кроме того, он должен в течение любого промежутка времени генерировать среднюю мощность P. Все эти условия обычно учитываются при расчете телефонных передатчиков.

5. Методы модуляции

Под тем или иным методом модуляции понимается такой способ изменения режима передатчика, который приводит к изменению амплитуды колебаний высокой частоты в соответствии с формой передаваемых колебаний звуковой частоты. Осиовные методы модуляции—модуляция на сетку и модуляция на анод основаны на изменении соответственно одного или сразу нескольких параметров генератора, а именно: сеточного смещения U_g, напряжения возбуждения на сетке E_g и анодного напряжения U_a. Кроме того, следует различать модуляцию при самовозбуждении и при постороннем возбуждении.

Весьма простым является метод модуляции поглощением, применявшийся иногда любителями. В этом методе микрофон тем или иным способом поглощает на себя часть энергии колебаний высокой частоты из контура. Сейчас модуляция поглощением для коротких волн совершенно не применяется.

Сравнительно недавно известный американский радиоспециалист Армстронг разработал метод частотной модуляции в отличие от рассмотренной выше и применяемой сейчас везде амплитудной модуляции. При частотной модуляции амплитуда остается постоянной, а изменяется частота генерируемых колебаний. Этот новый метод иаходится однако еще в стадии разработки. Следует заметить, что и амплитудная модуляция в передатчиках с самовозбуждением всегда сопровождается некоторой частотной модуляцией.

Для неискаженной передачи радиотелефоном необходимо: во-первых, чтобы модуляционный усилитель низкой частоты, усиливающий колебания звуковой частоты до подачи их на модулируемый каскад, работал без искажений, а во-вторых, чтобы режим работы генератора допускал свободное и без искажений изменение колебаний высокой частоты по амплитуде в соответствии с передаваемыми звуками.

6. Сеточная модуляция

Различают два основных способа сеточной модуляции:

1) собственно модуляцию на сетку и
2) модуляцию гридликом (система Шеффера)

Принцип работы обеих схем по существу один и тот же. Он заключается в том, что либо изменяется сеточное смещение и напряжение возбуждения одновременно, либо изменяется только одно смещение. Первое имеет место при самовозбуждении, а второе—при независимом возбуждении.

На рис. 122 представлена схема модуляции на сетку при самовозбуждении. При отсутствии модуляции, на сетке лампы имеется некоторое постоянное смещение. Поэтому амплитуда генерируемых колебаний высокой частоты постоянна. Если же

говорить перед микрофоном, то изменение силы микрофонного тока индуктирует во вторичной обмотке модуляционного трансформатора $Тр_м$ переменное напряжение звуковой частоты, которое подается на сетку и складывается с постоянным смещением, то увеличивая, то уменьшая его. Благодаря такому изменению смещения получаются изменения амплитуды колебаний высокой частоты в анодном контуре, т. е. модуляция. Конденсатор $C_б$ (в 200÷500 *см*) служит для пропускания токов высокой частоты в сеточной цепи, необходимых для самовозбуждения генератора.

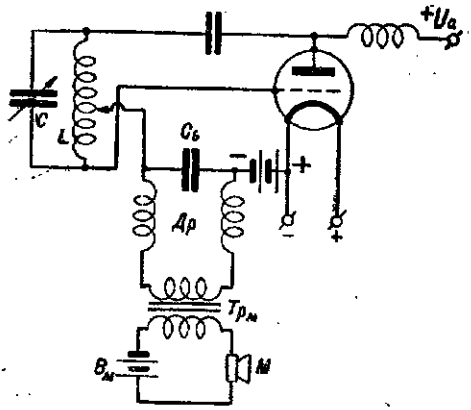


Рис. 122. Модуляция на сетку при самовозбуждении

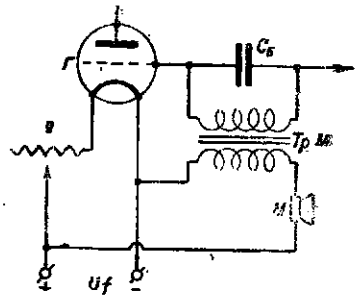


Рис. 123. Использование батареи накала для питания микрофона

Дроссели *Др* препятствуют утечке токов высокой частоты в низкочастотную часть схемы и тем самым устраняют также емкостное влияние оператора на режим работы передатчика. Микрофонный трансформатор (его же здесь можно называть и модуляционным) должен иметь большой коэфициент трансформации, примерно, от 1:20 до 1:100.

Часто для возможности изменения глубины модуляции и подбора наивыгоднейшего режима делают I или II обмотку трансформатора секционированной.

Вместо специальной микрофонной батареи $B_м$ можно использовать батарею накала генераторной лампы (при питании постоянным током) (рис. 123).

Схемой рис. 122 можно модулировать мощности всего лишь до 3—4 *вт*. При больших мощностях нужно включить между микрофоном и модуляционным трансформатором 1—2 каскада усиления низкой частоты.

В однотактной схеме модуляционной трансформатор можно включить в любую часть сеточной цепи. В двухтактной же схеме он обязательно должен включаться в нулевой провод (рис. 124). Однако, модуляция на сетку при самовозбуждении имеет боль-

шие недостатки. Прежде всего она не может дать глубокой модуляции, а кроме того, при ней получается неустойчивая работа генератора. Причина этого заключается в том, что при модуляции изменяется не только сеточное смещение, но и напряжение возбуждения, так как изменение сеточного смещения вызывает изменение силы колебаний высокой частоты в анодном контуре; что в свою очередь с помощью обратной связи передается на сетку. В результате передача получается искаженной и со срывами при глубокой модуляции. Поэтому практически сеточная модуляция при самовозбуждении допускает величину m не более 25—30%. Но даже при отсутствии срывов и малой глубине модуляции изменение возбуждения создает неустойчивую работу передатчика и изменения его частоты.

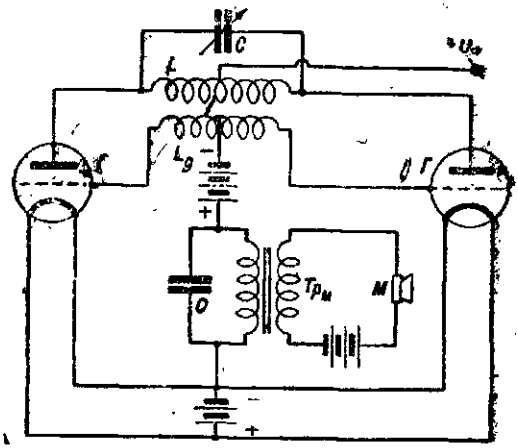


Рис. 124. Сеточная модуляция в двухтактной схеме

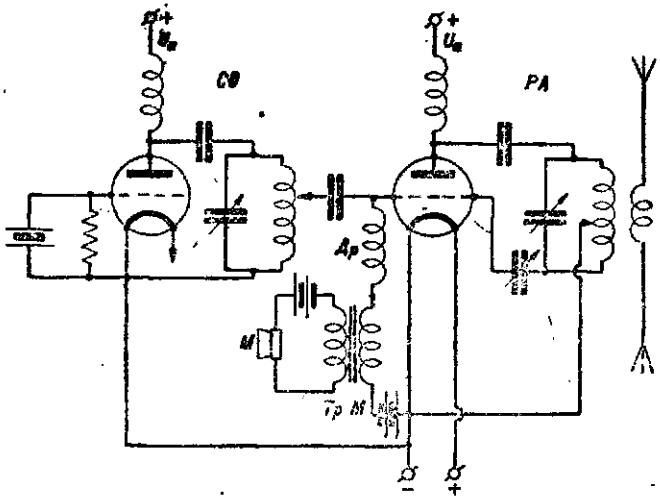


Рис. 125. Сеточная модуляция при независимом возбуждении

От этих недостатков свободна сеточная модуляция при независимом возбуждении (рис. 125). Здесь напряжение возбуждения подается на лампу усилительного каскада от возбудителя.

Поэтому при модуляции напряжение возбуждения остается постоянным, а изменяется только сеточное смещение усилителя. Это позволяет довести глубину модуляции до любой величины при вполне устойчивой работе передатчика.

Принцип модуляции методом гридлика, предложенный Шеффером, аналогичен сеточной модуляции. Однако изменение звуковой частотой смещения генераторной лампы получается при этом методе благодаря изменению величины сопротивления утечки сетки, в качестве которого применяется электронная лампа, называемая в данном случае модуляторной лампой. На рис. 126 приведена схема гридликовой модуляции генератора с посторонним возбуждением.

Постоянное напряжение сеточного смещения U_g, равное падению напряжения на модуляторной лампе, т. е. произведению постоянной слагающей тока сетки (I_g) на сопротивление модуляторной лампы постоянному току (R_M) $U_g = I_g \cdot R_M$ — является одновременно анодным напряжением модуляторной лампы.

Таким образом, при отсутствии модуляции на сетке генераторной лампы имеется постоянное смещение U_g. При модуляции на сетку модуляторной лампы подается через модуляционный трансформатор переменное напряжение звуковой частоты, которое изменяет силу анодного тока лампы *Мл*, т. е. сеточного тока генераторной лампы. Это изменение силы сеточного тока вызывает изменение падения напряжения на лампе *Мл*, т. е. изменение сеточного смещения генераторной лампы.

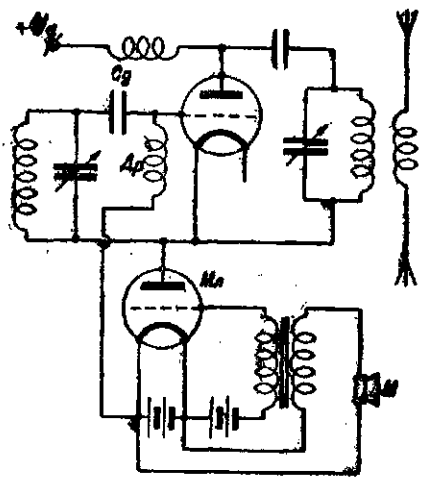


Рис. 126. Модуляция гридликом

Методом гридликовой модуляции можно смодулировать без применения микрофонного усилителя несколько большие мощности, чем при обычной сеточной модуляции.

Дроссель *Др* (рис. 126) служит для преграждения пути тока высокой частоты через *Мл*.

Конденсатор C_g емкостью в несколько сот сантиметров служит для пропускания колебаний высокой частоты на сетку лампы *Г*.

Параметры лампы *Мл* имеют существенное значение для работы схемы. Мощность *Мл* берется обычно в 5—10 раз меньше мощности лампы *Г*. Ток насыщения *Мл* должен быть больше максимального тока сетки лампы *Г*. Для неискаженной работы необходимо, чтобы сама *Мл* работала без тока сетки и на пря-

молинейной части характеристики. Поэтому часто приходится давать на ее сетку смещение.

В генераторе с самовозбуждением подача смещения от гридлика облегчает возникновение колебаний. Это явление выгодно отличает метод модуляции гридликом от обычной сеточной модуляции.

Однако и схема гридликовой модуляции в генераторах с самовозбуждением не устраняет неустойчивость работы последних и не позволяет получить глубокую модуляцию. Для устранения этого серьезного недостатка применяют независимое возбуждение и модулируют усилительный каскад.

При применении гридликовой модуляции в пушпульной схеме модуляционная лампа включается последовательно в нулевой провод.

Недостатком гридликовой модуляции является необходимость применения отдельной батареи накала для *Мл*, так как последняя обязательно должна включаться своей нитью на сетку генераторной лампы (при применении в качестве *Мл* подогревной лампы—накал ее питается от общих источников).

Модуляция гридликом в генераторах с независимым возбуждением позволяет при сравнительно малой мощности модуляторной лампы получить неискаженную работу при большой глубине модуляции и находит поэтому широкое применение у советских коротковолновиков.

Остановимся несколько на режиме передатчика при сеточной модуляции. У передатчика следует различать два режима работы: телеграфный и телефонный. При нормальных анодном напряжении U_a и смещении на сетке U_g, обеспечивающих режим максимальной полезной мощности, передатчик работает в так называемом телеграфном режиме. Так как при телефонии при глубине модуляции в 100% максимальная амплитуда I_{max} будет вдвое больше амплитуды несущих колебаний I_{Mo} (рис. 120), а мощность будет возрастать в 4 раза, необходимо при переходе на телефонную работу установить так называемый телефонный режим, для чего нужно увеличить смещение до такой величины, чтобы сила тока в антенне или контуре уменьшилась вдвое. При этом мощность уменьшится в 4 раза. При сеточной модуляции телеграфный режим является режимом максимальной мощности при телефонии. А режим несущей волны телефонии имеет при $m=1$ мощность P_{Mo} равную всего лишь $^1/_4$ телеграфной мощности P_T. Полная мощность P при телефонии по формуле (3) будет при $m=1$ составлять только $^3/_8$ P_T. Например, если при телеграфии передатчик имеет мощность $P_T=20$ *вт*, то при телефонии на несущей волне мощность будет $P_{Mo}=5$ *вт*, а при модуляции с глубиной $m=1$ она будет достигать величины $P=7{,}5$ *вт*. Но так как практически средняя глубина модуляции всегда меньше 100% ($m<1$), то полная мощность передатчика будет мень-

ше 7,5 *вт*. В этом заключается основной недостаток сеточной модуляции. Она проста в осуществлении, но зато сильно снижает мощность передатчика, а значит и дальность работы. От этого недостатка свободна система анодной модуляции.

7. Анодная модуляция

Принцип анодной модуляции, впервые предложенный американцем Хиссингом, заключается в изменении анодного напряжения. Анодная модуляция считается лучшей модуляционной системой.

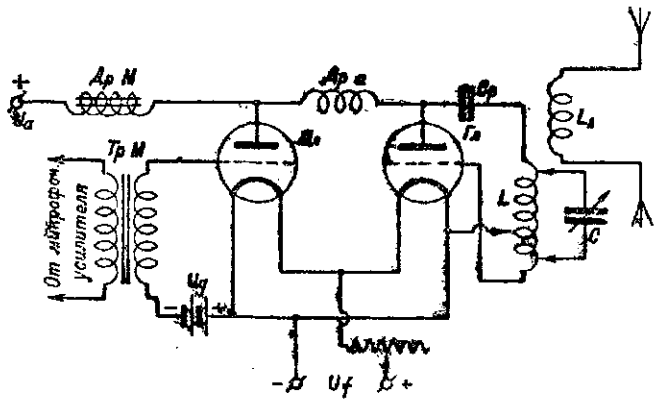


Рис. 127. Схема модуляции на аиод—параллельная схема Хиссинга

На рис. 127 показана схема анодной модуляции при самовозбуждении. В ней генераторная лампа *Гл* и модуляторная лампа *Мл* соединены параллельно (поэтому схему иногда называют параллельной схемой Хиссинга). В общей анодной цепи этих ламп находится модуляционный дроссель $Др_М$ с большой самоиндукцией и железным сердечником. На сетку *Мл* подается звуковая частота от микрофонного устройства.

Мл в схеме анодной модуляции так же, как и в схеме гридликовой модуляции, играет роль усилителя с той лишь разницей, что усиленное ею напряжение подается не на сетку, а на анод *Гл*.

При положительном полупериоде на сетке *Мл* ее ток усиливается, но дроссель $Др_М$ препятствует изменениям тока в цепи $U_а$ и поэтому уменьшается ток через лампу *Гл*. Однако небольшое увеличение тока будет при этом и в цепи питания, поэтому на модуляционном дросселе $Др_М$ падение напряжения увеличится и на анодах *Мл* и *Гл* напряжение уменьшится. Таким образом получается одновременное уменьшение и анодного напряжения и анодного тока *Гл*, что уменьшает подводимую к ней

мощность, а следовательно, и уменьшает амплитуду колебаний высокой частоты.

При отрицательном полупериоде на сетке *Мл* будет обратная картина: ток *Мл* уменьшится, а *Гл* — увеличится, уменьшится падение напряжения на $Др_м$, а напряжение на аноде *Гл* увеличится. Получается возрастание подводимой мощности, что вызовет увеличение амплитуды колебаний высокой частоты.

Благодаря очень большому индуктивному сопротивлению модуляционного дросселя, небольшие изменения силы тока через него создают значительные изменения напряжения на его концах, а следовательно и на аноде лампы *Гл*. Схему Хиссинга можно применить для любых мощностей. Мощности в $2 \div 3$ *вт* можно модулировать без микрофонного усиления. Вообще же при анодной модуляции, благодаря большой мощности *Мл*, приходится применять большее микрофонное усиление, чем в сеточной и особенно гридликовой модуляции.

Дроссель высокой частоты $Др_а$ препятствует прохождению токов высокой частоты в модуляторную часть и источники питания и свободно пропускает колебания звуковой частоты на анод *Гл*. Модуляционный дроссель $Др_м$ для неискаженной модуляции должен иметь по возможности одинаковое сопротивление для всех передаваемых частот и амплитуд. Для этого необходимо взять самоиндукцию дросселя достаточно большой и в железном сердечнике сделать воздушный зазор, предохраняющий железо от магнитного насыщения. Недостатком анодной модуляции является необходимость мощного усиления низкой частоты и связанного с этим увеличенного расхода энергии на накал и в анодной цепи. Однако, при анодной модуляции можно получить значительно большую полезную телефонную мощность, чем в схеме сеточной модуляции при одинаковых генераторных лампах. Анодная модуляция особенно ценна для генераторов с самовозбуждением, так как при ней генератор работает устойчиво без срывов колебаний при глубокой модуляции на сильных звуках, как это имеет место при сеточной модуляции. Поэтому анодная модуляция особенно пригодна для маломощных компактных передатчиков (например, в передвижках), где желательно иметь глубокую модуляцию при устойчивой работе генератора.

Схема модуляции Хиссинга в генераторе с посторонним возбуждением дана на рис. 128.

Другая основная схема анодной модуляции, носящая название последовательной схемы Хиссинга, приведена на рис. 129.

Здесь *Мл* и *Гл* соединены последовательно. *Мл* играет роль усилителя, анодной нагрузкой которого является *Гл*. Поэтому при действии на сетку *Мл* переменного напряжения звуковой частоты получается изменение ее анодного тока и изменение напряжения на *Гл*, как на нагрузке. Здесь тоже одновременно меняются и анодный ток, и анодное напряжение на *Гл*, что и

вызывает такой же модуляционный эффект, как и в параллельной схеме Хиссинга.

По результатам модуляции обе эти схемы можно считать эквивалентными. Достоинством последней схемы является отсут-

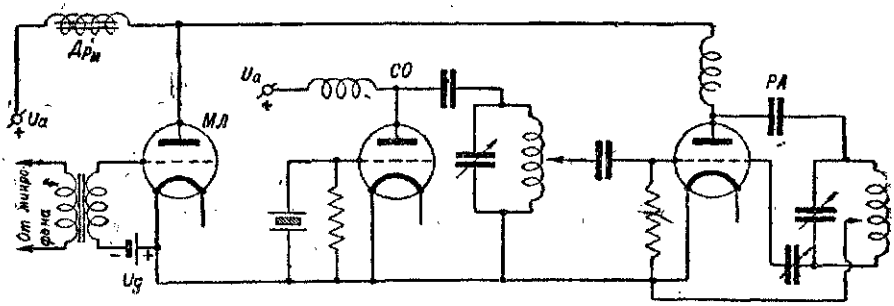


Рис. 128. Анодная модуляция при постороннем возбуждении

ствие модуляционного дросселя, который удорожает установку и вносит некоторые искажения. Но большим недостатком ее является необходимость иметь отдельные источники накала ламп и анодный источник с удвоенным напряжением. В любительских условиях эта схема удобна в случаях, когда в генераторе с по-

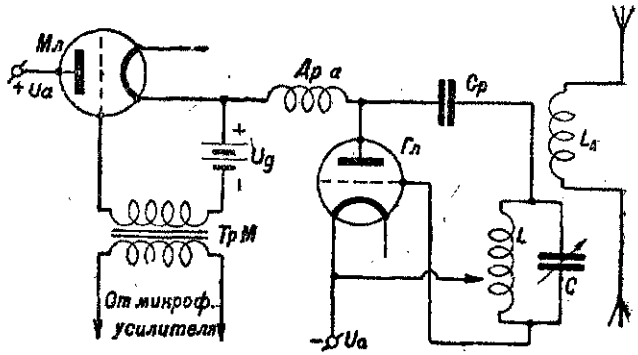


Рис. 129. Последовательная схема Хиссинга

сторонним возбуждением возбудитель или усилитель требует вдвое меньшее анодное напряжение, чем следующий каскад (например, при лампе ГК-20 в более мощном каскаде и лампе УО-104 в возбудителе или усилителе).

При питании от одного источника анодного напряжения в этих случаях выгоднее вместо применения поглощающего мощность сопротивления применить последовательную схему модуляции Хиссинга.

Анодная модуляция при значительных мощностях представляет большие трудности для осуществления в любительских условиях. Поэтому наши любители применяют ее лишь при малых мощностях порядка нескольких ватт, а для мощностей в 10 и более ватт обычно делают гридликовую модуляцию.

Анодную модуляцию возможно также осуществить путем трансформаторной связи модулятора с генератором (рис. 130). Первичная обмотка модуляционного трансформатора $Тр_М$ включена на выход микрофонного усилителя, а вторичная — в анодную цепь генераторной лампы (трансформатор $Тр_М$ должен соответствовать мощности передатчика). Подобная схема имеется, например, в „Малой политотдельской рации" и применяется также многими любителями особенно в США. Для уменьшения постоянного подмагничивания сердечника трансформатора в этой схеме желательно иметь *Гл* и *Мл* одинакового типа, установить у них режим одинакового анодного тока и трансформатор иметь с коэфициентом 1 : 1, при чем концы обмоток нужно соединить так, чтобы постоянные токи в обмотках создавали противоположные магнитные потоки, уничтожающие друг друга. Тогда трансформатор будет вносить меньше искажений. При очень малой мощности передатчика (доли ватта) в этой схеме можно обойтись без *Мл* и включать прямо микрофонный трансформатор в анодную цепь генераторной лампы.

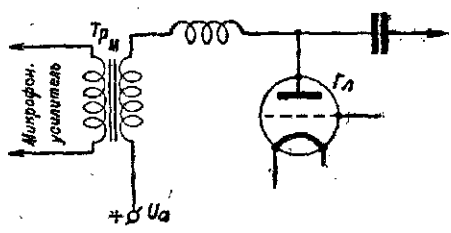


Рис. 130. Анодная модуляция с модуляционным трансформатором

В двухтактных передатчиках анодная модуляция производится совершенно так же, как и в однотактных схемах.

8. Модуляция на экранированных лампах

Схем модуляции на экранированных лампах существует очень много. На рис. 131 дана схема модуляции на экранирующую сетку тетрода. Эта схема не позволяет, однако, работать с большой глубиной модуляции, так как при положительных полупериодах на экранирующей сетке напряжение может стать больше анодного и возникнет динатронный эффект, который внесет сильные искажения. По этим же соображениям на экранированных лампах не рекомендуется применять анодную модуляцию. Наилучшей является анодно-экранная модуляция, один из вариантов которой показан на рис. 132. Здесь при модуляции одновременно изменяется напряжение и на аноде и на экранирующей сетке. При возрастании напряжения на экранирующей сетке растет и напряжение на аноде, благодаря чему устраняется воз-

можность появления динатронного эффекта. В этой схеме можно легко добиться глубины модуляции в 100%. Правильное соотношение между изменением напряжения на аноде и на экранирующей сетке подбирается с помощью сопротивления R, величиной, примерно, в 15 000÷30 000 *ом*. Очень хорошие результаты дает модуляция на противодинатронную сетку в пентоде, широко применяемая в США. К сожалению, у наших приемных пентодов

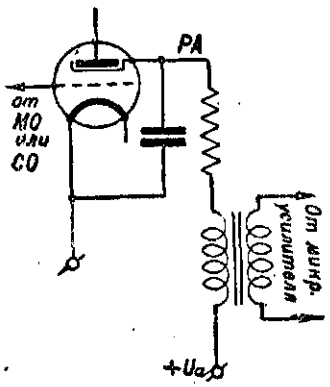


Рис. 131. Модуляция на экранирующую сетку тетрода

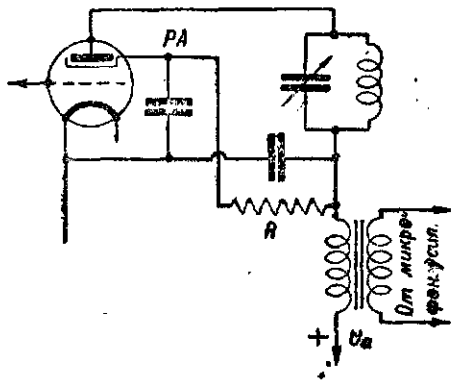


Рис. 132. Анодно-экранная модуляция

нет вывода на цоколе от антидинатронной сетки и поэтому для осуществления такой схемы приходится снимать цоколь с лампы. Только с пентагридом СО-183 можно собрать такую схему без расцоколевки.

9. Микрофон и микрофонный трансформатор

Микрофон служит для превращения звуковых колебаний в колебания электрического тока. Существует много различных типов микрофонов, но любители применяют почти исключительно простейшие угольные микрофоны от телефонных аппаратов, реже концертные угольные микрофоны (так называемые мраморные) типа ММ-2. Устройство простого капсюльного микрофона изображено на рис. 133. В металлическом корпусе K имеется угольная колодка $У$, в углубления которой насыпан угольный порошок $П$, удерживаемый с краев войлочным кольцом $В$. К порошку прилегает мембрана $М$—тонкая угольная пластинка. Она удерживается специальным зажимным кольцом $З$. Корпус капсюля электрически соединен с мембраной и является одним полюсом микрофона. Угольная колодка $У$ изолирована от корпуса, соединена с контактным болтиком $Б$ и является вторым полюсом. Ток от микрофонной батареи проходит через уголь-

ный порошок, который в спокойном состоянии имеет постоянное сопротивление. При разговоре перед микрофоном мембрана начинает совершать колебания, изменяя давление на порошок, сопротивление которого изменяется в соответствии с колебаниями мембраны. Сила тока в цепи микрофона поэтому не остается постоянной, а тоже изменяется соответственно колебаниям мембраны. Таким образом, при разговоре микрофонный ток становится пульсирующим и в нем кроме постоянной составляющей появляется переменная слагающая звуковой частоты (рис. 134). Капсюльный микрофон вносит значительные искажения, главным образом, вследствие наличия твердой мембраны. Гораздо чище работают мраморные концертные микрофоны ММ (система Рейса). Принцип их устройства показан на рис. 135. В массивном корпусе *К* из мрамора имеется углубление, заполненное угольным порошком *У*, к которому подводится ток от зажимов *З* с помощью угольных стержней *С*. Порошок удерживается с помощью тонкой резиновой пленки *П*, играющей

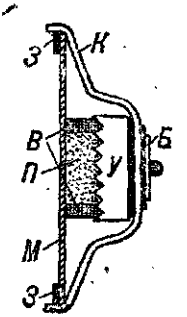


Рис. 133. Микрофонный капсюль

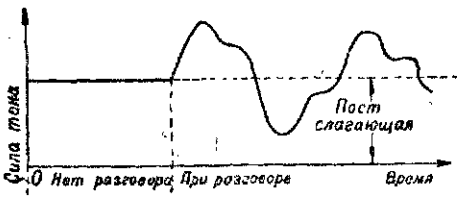


Рис. 134. Ток в микрофонной цепи при работе микрофона

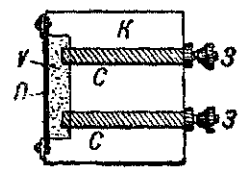


Рис. 135. Устройство мраморного микрофона

роль мембраны. Колебания этой пленки под действием звуковых волн передаются на угольный порошок и изменяют его сопротивление.

Каждый микрофон характеризуется следующими величинами: сопротивлением $R_м$ в спокойном состоянии (или средним сопротивлением при разговоре), напряжением микрофонной батареи $U_м$, развиваемой переменной э. д. с. E при нормальном разговоре, минимальной, нормальной и максимальной допустимой силой тока I_{min}, I и I_{max}. В таблице 16 приведены все эти данные для нескольких наиболее употребительных типов микрофонов.

Переменная э. д. с., развиваемая микрофоном, отделяется от постоянной слагающей и увеличивается с помощью микрофонного трансформатора (рис. 136). Переменная слагающая звуковой частоты микрофонного тока, проходя по первичной обмотке трансформатора, индуктирует во вторичной обмотке увеличенное

Таблица 16

Тип микрофона	$R_м$ ом	$U_м$ в	E в	I_{min} а	I а	I_{max} а
Капсюль МБ № 5	25	2÷4	0,1÷0,5	0,01	0,04	0,08
» ЦБ № 5	100	10÷20	0,1÷0,5	0,008	0,015	0,04
» диспетчерского типа № 1012	20	4÷6	1÷3	0,2	0,3	0,4
ММ-2	500	10÷20	0,002÷0,01	0,01	0,02	0,03

переменное напряжение, которое подается на сетку модуляторной лампы или первой лампы микрофонного усиления. Коэфициент трансформации для капсюльных микрофонов берется примерно от 1 : 20 до 1 : 100. А для микрофона ММ-2 берут коэфициент трансформации не более 1 : 10. Для регулировки величины напряжения, подаваемого с микрофонного трансформатора на усилительную лампу, можно секционировать первичную или вторичную обмотку, как это показано на рис. 137 *А*, или, что более

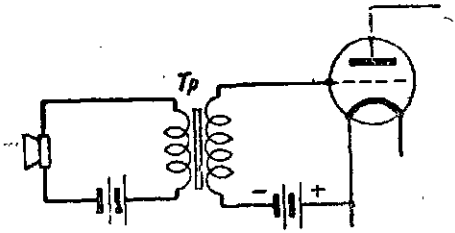


Рис. 136. Схема включения микрофонного трансформатора

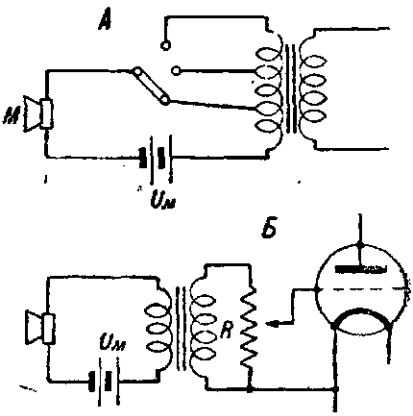


Рис. 137. Способы регулировки напряжения звуковой частоты

удобно, применить потенциометры (волюм-контроль) по рис. 137 Б. В качестве R нужно применить сопротивление в несколько десятков тысяч ом. Хорошо подходят переменные сопротивления завода им. Орджоникидзе в 50 000÷200 000 *ом*.

В качестве микрофонных трансформаторов любители применяют часто междуламповые трансформаторы низкой частоты (например, завода им. Козицкого), намотав на них специальную микрофонную обмотку из нескольких сотен витков провода диаметром 0,1÷0,2 *мм* в любой изоляции. В качестве вторичной обмотки используется вторичная обмотка междулампового трансформатора, а иногда для большего повышения напряжения она

соединяется последовательно с первичной. В последнем случае необходимо соединить обмотки так, чтобы индуктированные э.д.с. в них складывались, а не вычитались. Правильное включение легко найти опытным путем по громкости передачи. Для микрофонного трансформатора пригодны междуламповые трансформаторы с обрывом в 1 обмотке. Микрофонная обмотка мотается прямо поверх основных обмоток трансформатора. При вторичной обмотке трансформатора от 10000 до 20000 витков микрофонная обмотка должна иметь для капсюлей МБ и диспетчерского 150 ÷ 300 витков, для ЦБ—300÷500 витков и для ММ-2—1000 ÷ 2000 витков.

Микрофонный трансформатор и все провода, идущие к нему, во избежание появления фона переменного тока и других наводок от индукции необходимо тщательно экранировать. Экран лучше сделать железный. Его нужно обязательно заземлить. Провода микрофонной цепи желательно иметь экранированными (например, освинцованный кабель или коммутаторный шнур). Сам микрофон необходимо подвесить на резинке на какой-либо подставке, чтобы толчки не вызывали шумов при передаче.

В качестве микрофонного усилителя можно применить низкочастотную часть любого приемника, например, ЭЧС, ЭКЛ или СИ-235. В этом случае микрофонный трансформатор включается в гнезда адаптера или на сетку первой лампы низкой частоты.

10. Практические схемы модуляции и их детали

Телефонный передатчик, как правило, должен быть с посторонним возбуждением. Модуляцию на самовозбуждение можно допустить лишь для маломощных передвижек. Для передатчика средней мощности (10÷20 *вт*), например, для описанного в главе *V МО-РА* на лампах УО-104 лучше всего применить модуляцию гридликом. При лампах УО-104 или ГК-20 (б. ГК-36) в усилителе передатчика в качестве модуляторной лампы удобно взять СО-118 при накале переменным током и УБ-107 или УБ-110, или УБ-152 при накале постоянным током. Полная схема модулятора на лампе СО-118 дана на рис. 138. Здесь кроме модуляторной лампы имеется еще один каскад микрофонного усиления на СО-118. Для микрофона ММ-2 необходимы два каскада усиления, один из которых лучше сделать на сопротивлениях. Междуламповый трансформатор берется обычный. Накал модулятора общий с передатчиком, так как нити изолированы от катодов.

В качестве модуляционного дросселя в схеме Хиссинга пригодны фильтровые дроссели (например, ДВ-16 завода „Радист" или МД-7 ЛЭМЗО), но они внесут искажения. В модуляционном дросселе обязательно нужно отрегулировать воздушный зазор, чтобы железо не доводилось до насыщения постоянным анодным током. Хотя анодная модуляция и дает большую мощность

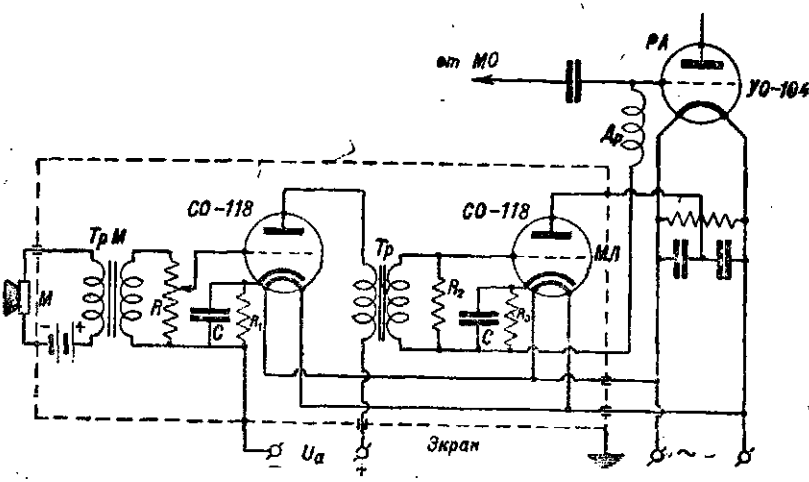


Рис. 138. Схема модулятора на лампах СО-118: R=50 000÷100 000 *ом*, R_1=200÷300 *ом*, R_2=50 000÷100 000 *ом*, R_3=300÷500 *ом*, *C*—возможно больше (электролитические) U_a=100÷200 *в*

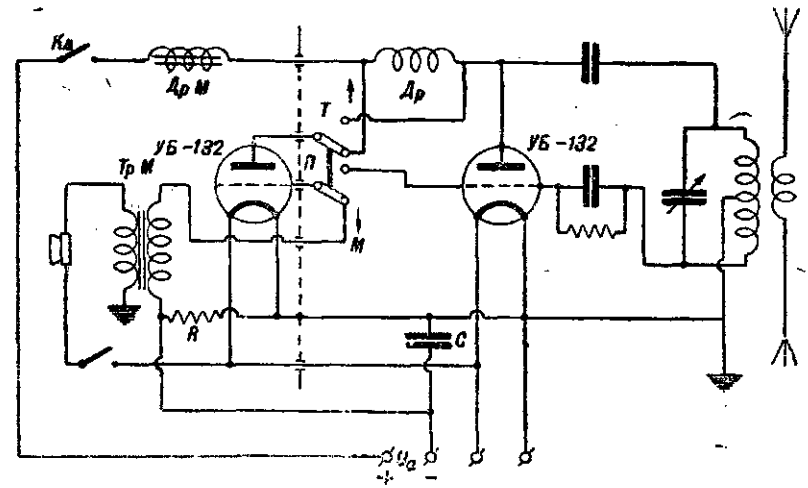


Рис. 139 Схема телеграфно-телефонного передатчика малой мощности: R=300÷500 *ом*, *C*—как можно больше (желательно электролитический)

телефонного режима, но усложнение микрофонного устройства явилось причиной малого распространения системы Хиссинга среди наших любителей. Анодную модуляцию желательно применять в маломощных передатчиках, например, в передвижках. Практическая схема такого телефонно-телеграфного передатчика на лампах УБ-132 или УБ-110 показана на рис. 139. Кроме этих

ламп в маломощных передвижках можно применить лампы УБ-107, УБ-152, а также экранированные лампы по схеме Доу или *tri-tet*. На схеме рис. 139 для упрощения показан генератор по самой простой трехточечной схеме. В качестве модуляционного дросселя используется маломощный фильтровый дроссель или первичная обмотка междулампового трансформатора. Переключатель *П* позволяет при телеграфной работе включать модуляторную лампу параллельно генераторной и таким образом увеличивать мощность. На работу модулятора вредно влияет высокая частота, генерируемая передатчиком, поэтому желательно модулятор экранировать и защитить высокочастотными дросселями. Чем больше мощность передатчика, тем сильнее сказывается это влияние. При маломощном передатчике, как на рис. 139 достаточно дросселировать и экранировать модулятор. А при мощности передатчика в 10÷20 *вт* и больше желательно по возможности удалить модулятор от передатчика, для чего следует модулятор смонтировать отдельно. Здесь тоже необходима хорошая экранировка микрофонного усилителя, а также микрофонного шнура.

11. Налаживание телефонного передатчика

Наиболее верным методом нахождения правильного режима телефонного передатчика является снятие модуляционной характеристики, показывающей зависимость изменения силы тока высокой частоты в антенне от изменения модулирующего фактора (смещения на сетке или анодного напряжения). Мо-

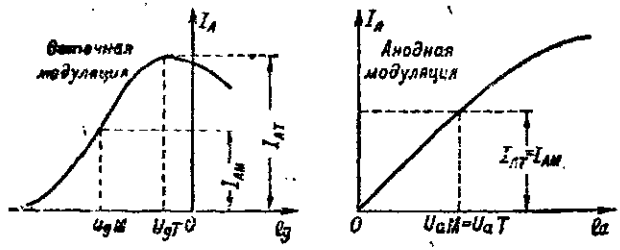


Рис. 140. Модуляционные характеристики

дуляционные характеристики для сеточной и анодной модуляции при независимом возбуждении показаны на рис. 140. На первой характеристике дана зависимость антенного тока I_A от смещения на сетке U_g. Для телеграфного режима нужно смещение U_{gT}, а для телефонии—смещение U_{gM}. Ток I_{AM} при телефонном режиме вдвое меньше, чем в телеграфном режиме I_{AT}. Для снятия модуляционной характеристики нужно иметь в антенне тепловой прибор и располагать источником изменяющегося напряже-

ция для сеточного смещения и вольтметром для измерения смещения (рис. 141).

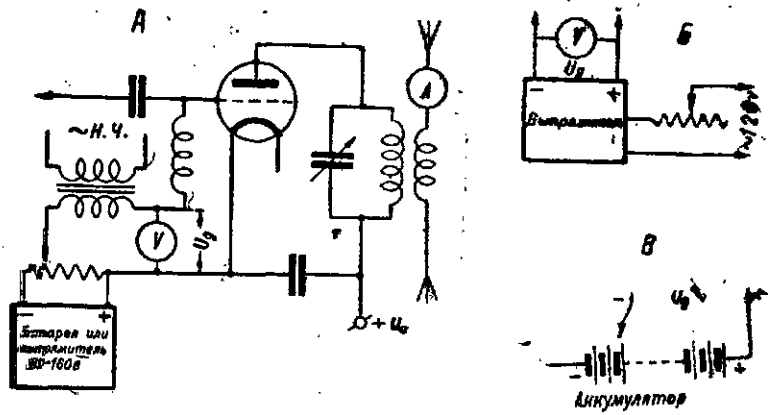


Рис. 141. Схема для снятия модуляционной характеристики

При отсутствии измерительных приборов приходится, не снимая характеристики, устанавливать телефонный режим по антенному индикатору, давая такое постоянное смещение, чтобы антенный ток был вдвое меньше, чем при телеграфном режиме.

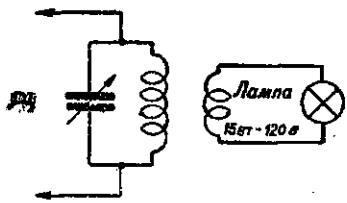


Рис. 142. Нагрузка вместо антенны

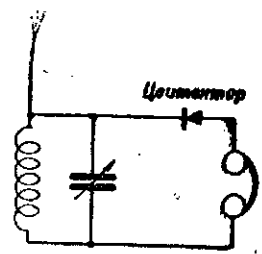


Рис. 143. Детекторный приемник для контроля чистоты телефонной работы передатчика

При модуляции гридликом величину смещения на сетке генераторной лампы изменяют путем изменения сопротивления модуляторной лампы. Для этого следует изменять смещение на сетке модуляторной лампы. Налаживание анодной модуляции проще, так как телеграфный режим совпадает с телефонным. Для проверки модуляции телефонного передатчика необходимо отключить антенну (чтобы не засорять эфир) и нагрузить выходной каскад (*PA*) на осветительные электролампы (рис. 142) мощностью примерно такого же порядка, что и мощность передатчика. Контроль качества передачи проще всего вести путем прослушивания передачи на монитор (см. гл. VIII) или детекторный приемник (рис. 143). Монитор удобен тем, что дает возможность оце-

нить глубину модуляции. Детекторный приемник может служить лишь для контроля чистоты передачи.

Основные ненормальности в работе телефонного передатчика обычно заключаются в следующем:

а) Модуляция чистая, но недостаточно глубокая

Причиной этого обычно является недостаточная мощность модулятора. Необходимо увеличить число каскадов микрофонного усиления, а также раскачку с микрофона. Если от этих мер глубина модуляции не увеличится, а возникнут искажения, то значит неправилен режим модуляции генератора или передатчик создает сильную накладку токов высокой частоты на микрофонную цепь и усилитель. Нужно попробовать изменить режим модуляции с помощью сеточного смещения, а также принять меры и к экранировке и удалению микрофонного усилителя от передатчика.

б) Модуляция достаточно глубокая, но искаженная

Иногда это бывает от слишком сильной раскачки, подаваемой от модулятора на генератор. Можно попробовать уменьшить число каскадов микрофонного усиления, а также уменьшить напряжение на входе усилителя с помощью волюм-контроля (см. рис. 137 *Б*). Иногда искажения вносит сам микрофонный усилитель.

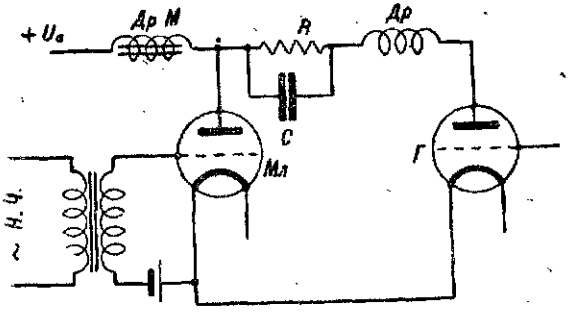


Рис. 144. Понижение мощности генератора путем включения сопротивления в его анодную цепь

Часто искажения имеются вследствие неправильного выбора телефонного режима в генераторе. При сеточной модуляции искажения обычно бывают из-за неправильного смещения, а при анодной модуляции—из-за малой мощности модулятора. В последнем случае нужно увеличить число модуляторных ламп па-

раллельным включением, а еще лучше сделать двухтактный оконечный модуляторный каскад, связанный с генератором через трансформатор. Если увеличить мощность модулятора нельзя, то нужно несколько уменьшить мощность генератора. В Америке принято это делать путем включения в анодную цепь генератора сопротивления R в несколько тысяч ом, понижающего анодное напряжение генератора (рис. 144), шунтированного емкостью C в $1 \div 2$ μF. При правильном режиме модуляции во время разговора накал антенного индикатора должен очень немного возрастать. Резкие колебания индикатора свидетельствуют об искажениях, о наличии перемодуляции или неправильного режима. Анодный миллиамперметр при чистой модуляции тоже не должен давать колебания стрелки, даже при глубокой модуляции.

Глава VII

АНТЕННЫ

Антенной называется система изолированных от земли проводов, подвешенная на той или иной высоте и служащая для улавливания радиоволн в приемной установке или для излучения радиоволн при передаче. Иначе говоря, антенна осуществляет преобразование энергии радиоволн в энергию тока высокой частоты (радиоприем) или наоборот, преобразовывает ток высокой частоты в радиоволны (радиопередача).

1. Приемные антенны

В приемной антенне под действием радиоволны возникает ток высокой частоты, направляемый в приемник для усиления, детектирования и приведения в действие телефона или громкоговорителя. Прием коротких волн вполне возможен на любую длинноволновую приемную антенну, часто даже на комнатную антенну. Вполне пригодны также для приема антенны передатчиков. Но для наилучшего использования энергии электромагнитных волн и уменьшения местных помех целесообразно применять для приема специальные приемные коротковолновые антенны. Такие антенны состоят из двух частей. Одна часть, служащая для улавливания энергии электромагнитных волн, представляет собою обычно провод длиною, примерно, в половину самой длинной волны, которую собираются принимать (точнее длина провода должна быть равна 0,475 длины волны). Этот провод подвешивается по возможности выше над землей и строениями и дальше от источников помех, какими являются трамвайные, осветительные и всякие другие провода. От приемного провода к приемнику идет вторая часть антенны—так называемый фидер, который должен проводить ток от антенны в приемник, но сам не

должен принимать радиоволны. Проще всего фидер сделать в виде двух проводов, изолированных друг от друга. На рис. 145, и 146 показаны два наиболее распространенных типа приемных антенн с фидерами.

При работе в 40 и 20-метровом диапазонах можно ограничиться одной антенной длиною 20 *м* (на 40-метровый диапазон) и принимать на нее волны 20-метрового диапазона.

Для хорошего приема последнего диапазона нужно иметь антенну длиною 10 *м*, которая будет также неплохо принимать и волны 40-метрового диапазона.

Для 10-метрового диапазона лучше сделать отдельную приемную антенну длиною 5 *м*. Приведенные цифры указывают общую

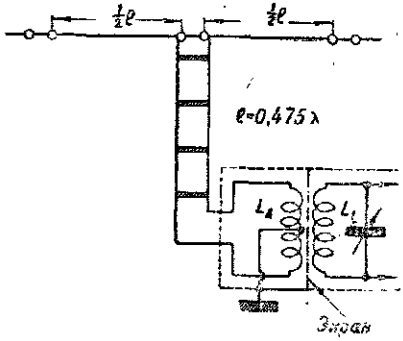


Рис. 145. Симметричная приемная антенна для коротких волн

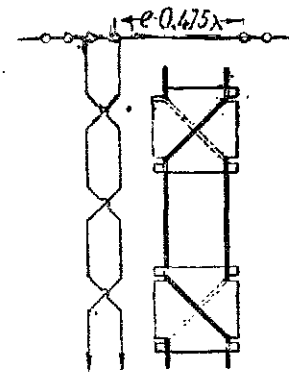


Рис. 146. Специальная приемная антенна для коротких волн

длину приемной части. В случае симметричной антенны (рис. 145), называемой обычно „дублет", каждая половина приемного провода имеет вдвое меньшую длину, т. е. для 40 *м*—два провода по 10 *м*, для 20 *м*—два провода по 5 *м* и для 10 *м*—два провода по 2,5 *м*. Указанные длины получаются умножением 0,475 на средние волны любительских диапазонов, т. е. на 10,5 *м*, 21 *м* и 42 *м*. Двухпроводный фидер может быть любой длины (иногда до 100 *м*), однако, чем он длиннее, тем слабее будет слышимость из-за потерь в нем. Потери в фидере зависят не только от его длины, но и от его конструкции.

Наиболее просто фидер сделать из двухпроводного витого шнура или кабеля с хорошей резиновой изоляцией. Для этой цели подходит осветительный шнур или провод гупер, скрученный вдвое. Наибольшие потери дает стальной двойной полевой телефонный кабель и поэтому он пригоден лишь для фидеров не длиннее 30 ÷ 40 *м*. Наименьшие потери дает воздушный двухпроводный фидер (рис. 145 и 146). В первом случае два провода идут без перекрещиваний параллельно друг другу на рас-

стоянии 15 ÷ 20 *см* и поддерживаются изолирующими распорками из эбонитовых или стеклянных палочек (трубок). Другая конструкция (рис. 146) требует применения специальных изоляторов из листового эбонита или пертинакса, форма которых ясна из рисунка. На каждом изоляторе провода фидера перекрещиваются. Распорки или изоляторы ставятся вдоль фидера через каждые 2 ÷ 4 *м*. Фидер последнего типа является наилучшим.

Для такого фидера, а также для антенны желательно применять голый медный провод диаметром 1 ÷ 2 *мм*, но не канатик. Только в крайнем случае можно применить и канатик, а также изолированный провод. Большое значение имеет связь антенны с приемником. Связь обычной Г-образной антенны чаще всего делают индуктивной, иногда емкостной и реже непосредственной, о чем уже было рассказано в главе IV. Для специальных приемных антенн необходима симметричная связь фидера с контуром приемника. Местные помехи создают в обоих проводах фидера токи одинаковой силы и одинакового направления. В антенной катушке, к концам которой приключаются провода фидера, эти токи будут итти навстречу друг другу и должны взаимно уничтожиться. Но это достигается только при условии полной симметрии антенной связи по отношению к контуру приемника. Рис. 145 показывает наиболее удобную схему индуктивной симметричной связи. Средняя точка такой антенной катушки должна заземляться. Кроме того, для устранения паразитной емкостной связи между катушками L_A и L_1, между ними помещают электростатический экран (показан пунктиром). Чтобы этот экран уничтожал лишь емкостную связь, но не препятствовал индуктивной связи, его делают в виде сетки из изолированных проволок, соединенных друг с другом только с одной стороны или проволоки, протянутой зигзагом (рис. 147). При емкостной связи антенны с приемником приходится заземлять среднюю точку контурной катушки.

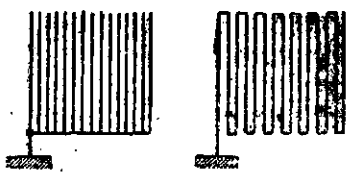


Рис. 147. Электростатический экран

Рассмотренные специальные антенны с фидерами служат, главным образом, для уменьшения помех и отчасти для усиления приема. При малых помехах вполне пригодны для приема коротких волн обычные приемные антенны.

2. Передающие антенны

Назначение передающей антенны—излучать радиоволны. Энергию тока высокой частоты, поступающую в нее из передатчика, она должна с минимальными потерями излучить в пространство в виде электромагнитных волн. Следовательно передающая антенна должна давать возможно меньшие потери и наи-

большее излучение энергии. Кроме того, для возможности работы в разных любительских диапазонах любительская передающая антенна должна допускать настройку на разные волны и давать хорошее их излучение. Иногда требуют от антенны максимального излучения радиоволн в одном определенном направлении (направленная радиопередача). Но так как любители обычно работают с разными странами, т. е. в разных направлениях, то применяют большей частью антенны не направленные.

Для получения наибольшего излучения передающую антенну делают обычно подобно рассмотренным выше приемным антеннам из двух частей. Излучающая часть подвешивается по возможности выше и так, чтобы окружающие ее предметы не препятствовали излучению радиоволн. Вторая часть антенны—неизлучающий фидер, соединяющий излучающую часть с передатчиком, служит для питания излучающей части высокочастотной энергией.

3. Как работает передающая антенна

Из теории известно, что любой проводник, намотанный в виде катушки или растянутый в длину, обладает некоторой самоиндукцией, емкостью и сопротивлением, следовательно, любой провод является колебательным контуром, но с распределен-

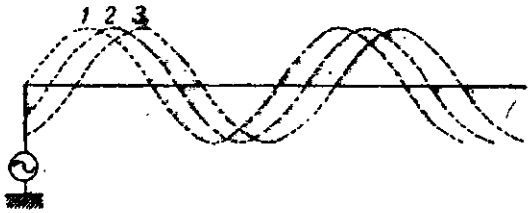


Рис. 148. Распределение тока или напряжения (бегущая волна) вдоль длинного провода (три момента)

ными, а не сосредоточенными постоянными. Иначе говоря, если в замкнутом контуре самоиндукция сосредоточена в катушке, а емкость в конденсаторе, то у провода емкость и самоиндукция распределены по всей длине и каждый участок провода обладает своей небольшой емкостью и самоиндукцией. Если одно- или двухпроводную линию присоединить к генератору переменного тока (рис. 148), то в ней не моментально, а со скоростью около 300 000 *км* в секунду будет двигаться так называемая бегущая волна тока и напряжения. Сила тока и напряжение в любой точке провода при бегущей волне непрерывно меняется. Поэтому графически распределение тока и напряжение вдоль провода можно показать лишь для какого-либо отдельного момента. На рис. 148 распределение тока или напряжения показано для трех моментов. Бегущую волну можно

наглядно получить на опыте с длинной веревкой. Если один конец ее привязать, а другой встряхнуть, по веревке „пробежит" волна. Когда бегущая волна тока доходит до какого-нибудь препятствия, например, до диэлектрика (изолятор на конце провода), то происходит отражение волны и отраженная волна направится навстречу прямой так называемой падающей волне. Отраженная волна имеет фазу, противоположную (сдвинутую на 180°) падающей волны. Таким образом в проводе получаются две бегущих волны, движущихся навстречу друг другу. Эти две волны складываются вместе и в результате дают совершенно

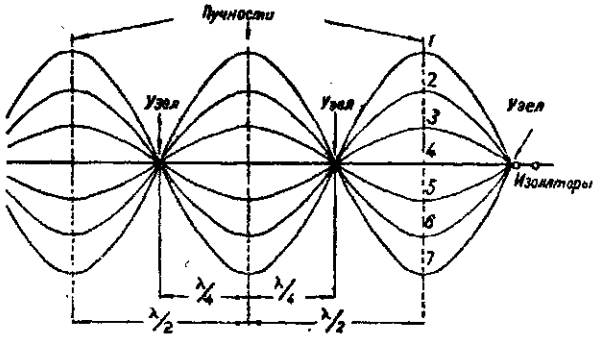


Рис. 149. Образование стоячей волны тока в проводе

особое распределение тока и напряжения, носящее название стоячей волны.

Стоячую волну можно легко построить графически. Для этого нужно нарисовать вдоль провода падающую бегущую волну тока, а затем построить отраженную волну, как продолжение падающей, но в обратную сторону и с обратной фазой. Сложив графически кривые обеих волн, получим на проводе стоячую волну тока. Результат такого построения для нескольких моментов показан на рис. 149. Стоячую волну можно легко получить наглядно с помощью той же веревки, с которой был проделан опыт получения бегущей волны, если один ее конец непрерывно качать и посылать к закрепленному концу бегущие волны, которые от конца будут отражаться. В стоячей волне распределение тока по длине провода не меняется со временем, а остается постоянным. Для стоячей волны характерно наличие точек, в которых сила тока всегда равна нулю, и называемых узлами, и точек, в которых сила тока меняется от нуля до максимальной величины, и называемых пучностями (рис. 149).

Расстояние между соседними узлами или пучностями всегда равно половине длины волны. Таким образом пучности и узлы чередуются друг с другом через каждые четверть длины волны ($^1/_4\ \lambda$). Что же касается напряжения, то бегущая и стоячая волны

всегда имеют сдвиг фаз по времени на $^1/_4$ периода или на 90° по отношению к току, а между волнами—тока и напряжения по длине провода всегда имеется сдвиг на $^1/_4$ λ.

На конце провода, где происходит отражение, всегда должен быть узел тока, а следовательно и пучность напряжения, так как на самом конце провода сила тока может быть равна только нулю (электронам невозможно двигаться!).

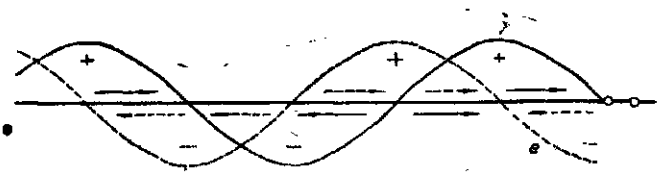


Рис. 150. Стоячие волны тока и напряжения у конца провода

Далее на расстоянии в $^1/_4$ λ от конца будет располагаться пучность тока и узел напряжения, затем на $^1/_2$ λ от конца опять узел тока и пучность напряжения и т. д. (рис. 150). На рис. 150

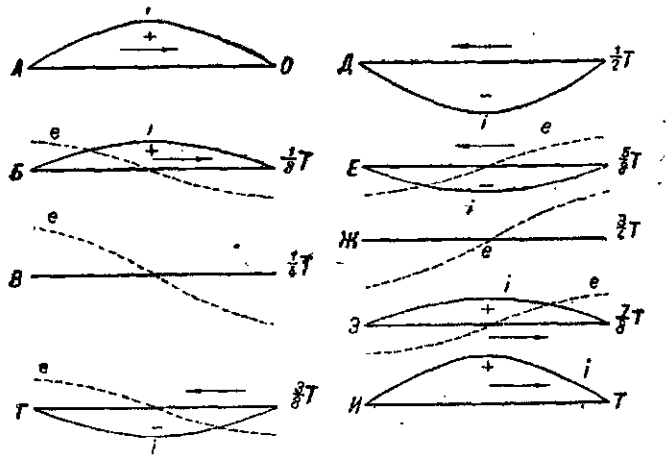


Рис. 151. Последовательность распределения тока и напряжения в проводе в течение одного периода

и на всех последующих рисунках распределение стоячей волны показано для одного момента времени, причём, изображая условно на одном чертеже кривые тока и напряжения, необходимо помнить, что между ними в действительности существует сдвиг фаз по времени на 90°, следовательно моменты времени для амплитудных значений тока и напряжения не совпадают. Действительную последовательность распределения тока и напряжения

за время одного периода T при колебаниях в проводе можно изобразить несколькими графиками (рис. 151).

Практически однако обычно рисуют либо график A, либо вместе два графика A и B (рис. 151), которые вполне характеризуют распределение стоячей волны в проводе. Сам провод мы принимаем в таких графиках условно за нулевую ось и поэтому кривые, расположенные с одной стороны провода, показывают наличие положительного потенциала или положительного тока (например, текущего вправо), а кривые по другую сторону провода указывают на отрицательный потенциал или отрица-

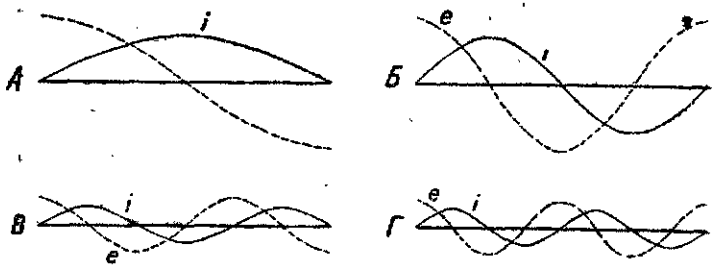


Рис. 152. Расположение основной волны и второй, третьей и четвертой гармоник

тельный ток, идущий в обратном направлении, т. е. влево (рис. 150).

Резким отличием провода от замкнутого контура с сосредоточенными постоянными является то, что замкнутый контур имеет только одну собственную резонансную длину волны (или частоту); провод же кроме собственной волны имеет и ряд так называемых гармоник. В проводе могут совершаться интенсивные электрические колебания не только на основной собственной волне, но и на волнах в целое число раз меньших основной, т. е. кроме колебаний на основной частоте легко возбудить в проводе колебания и на частоте в целое число раз большей основной частоты.

Собственная волна (или иначе первая гармоника) провода является самой длинной и получится, если на концах провода будут узлы, а посередине—пучность тока (рис. 152 A). На всей длине провода расположится тогда полволны. Отсюда получается очень простое соотношение между основной волной (или 1-ой гармоникой) λ_1 и длиной провода l:

$$\lambda_1 = 2\ l \text{ или } l = \frac{\lambda_1}{2}$$

Например, провод длиною $l = 40$ *м* имеет собственную волну:

$\lambda_1 = 2 \cdot 40 = 80$ *м*. Для получения собственной волны провода $\lambda_1 = 50$ *м* нужно взять его длиною $l = \frac{50}{2} = 25$ *м*.

Вторая гармоника $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2} = l$ (рис. 152 *Б*), 3-я гармоника $\lambda_3 = \frac{\lambda_1}{3} = \frac{2}{3} l$ (рис. 152 *В*), 4-я гармоника $\lambda_4 = \frac{\lambda_1}{4} = \frac{l}{2}$ (рис. 152 *Г*) и т. д.

На проводе укладывается число полуволн, равное номеру (порядку) гармоники. Например, провод длиною $l = 20$ *м* имеет собственную волну $\lambda_1 = 40$ *м*, вторую гармонику $\lambda_2 = 20$ *м* третью $\lambda_3 = 13{,}3$ *м*, четвертую $\lambda_4 = 10$ *м* и т. д.

Стоячая волна в проводе обладает свойством излучать в окружающее провод пространство электромагнитные волны. Мощность излучения радиоволн зависит от силы тока в проводе и от того, на какой гармонике работает провод и, наконец, от точности настройки провода на рабочую волну.

Антенна передатчика (а также и приемника) представляет собою провод с распределенными постоянными, обладающий рассмотренными нами выше свойствами.

Колебательная мощность, отдаваемая передатчиком в антенну, расходуется на излучение радиоволн и на потери в самой антенне. Последние складываются из потерь: в активном сопротивлении провода, в твердых изоляторах, на утечки тока и т. д. Все эти потери можно условно считать происходящими в некотором сопротивлении, называемом **сопротивлением потерь**. Обычно, вследствие незначительности потерь в самой антенне, ими при простейших радиолюбительских расчетах можно пренебречь.

Расход мощности на излучение тоже обычно представляют как полезную потерю энергии в некотором условном так называемом **сопротивлении излучения** R_Σ, которое при включении в пучность тока дает потери энергии на нагревание, равные потерям на излучение.

Измерив силу тока в пучности антенны I_A и зная сопротивление излучения, можно легко подсчитать мощность излучаемых радиоволн по формуле:

$$P = I_A^2 \cdot R_\Sigma$$

Для вибратора, работающего на основной волне (рис. 152 *А*) $R_\Sigma = 73$ *ом*, а на 2-ой гармонике $R_\Sigma = 93$ *ом*.

Так, например, при возбуждении на основной волне и силе тока в пучности $I = 0{,}5$ *а* мощность излучения будет $P = 0{,}5^2 \cdot 73 \approx \approx 18$ *вт*.

К.п.д. хорошо выполненных коротковолновых антенн, т. е. отношение излученной антенной мощности к мощности, подведенной к антенне, можно для ориентировочных подсчетов принять равным примерно 80%.

Перейдем теперь к рассмотрению отдельных типов антенн.

4. Антенны Маркони

К антеннам типа Маркони относятся обычные приемные длинноволновые Г-образные, Т-образные, вертикальные и наклонные антенны. На коротких волнах их можно использовать для передачи, возбуждая их на той или иной гармонике, при чем на более длинных волнах (40, 80, 160 *м*) можно работать с заземленной антенной (рис. 153), а на более коротких волнах (10, 20, 40 *м*) лучшие результаты дает применение противовеса (рис. 154). Антенны типа Маркони не являются специальными коротковолновыми антеннами. Главный недостаток их заключается в том, что излучение радиоволн происходит со всей антенны. Ясно, что волны, излучаемые снижением и противовесом, почти полностью теряются в окружающих предметах, а полезное излучение будет происходить только с верхней части антенны.

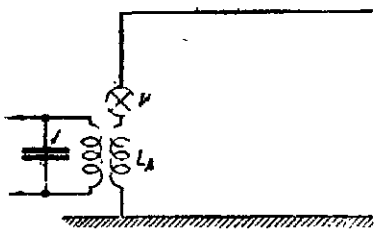


Рис. 153. Антенна Маркони с заземлением

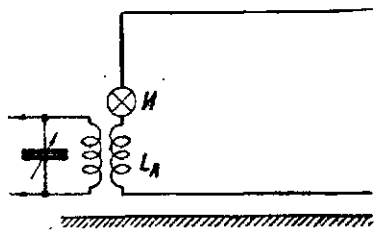


Рис. 154. Антенна Маркони с противовесом

Тем не менее, когда ставить специальную передающую антенну почему-либо неудобно, а имеется длинноволновая приемная антенна, то можно использовать ее для передачи, как антенну Маркони. Однако, для дальней связи следует применять специальные антенны.

Антенны Маркони могут быть возбуждены как на четных, так и на нечетных гармониках. Собственная волна заземленной антенны Маркони равна примерно учетверенной длине провода: $\lambda_1 = 4\ l$. Вследствие влияния земли и строений обычно $\lambda_1 = (4{,}4 \div 4{,}8)\ l$. Так как длина провода l приемной антенны бывает порядка нескольких десятков метров, то собственная волна такой антенны получается очень длинной и выходит обычно за пределы диапазона коротких волн. Возбуждение на собственной волне возможно лишь при работе в 160-метровом диапа-

зоне, если длина провода l не превышает $30 \div 35$ *м*. На волнах в 80 *м* и 40 *м* приходится работать на гармониках. Чтобы катушка связи L_A и индикаторная лампочка *И* находились в пучности тока, удобно, если заземление близко от передатчика, при работе на нечетной гармонике (3-й или 5-й); при четной гармонике нужно, чтобы провод от земли до катушки L_A был длиною в $^1/_4$ λ.

Если L_A находится в узле тока или между пучностью и узлом тока, антенна возбуждается хуже и индикаторная лампа *И* мо-

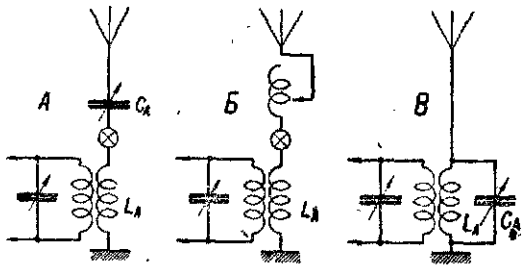


Рис. 155. Укорочение и удлинение собственной волны антенны

жет не накаливаться из-за малой силы тока в данной точке провода. Длина провода антенны редко получается такой, что одна из ее гармоник точно соответствует нужному любительскому диапазону.

Обычно приходится либо уменьшать, либо увеличивать собственную волну антенны. Укорочение собственной волны достигается включением последовательно с L_A конденсатора C_A емкостью 150—250 *см* (рис. 155 *А*). Удлинение собственной волны можно получить применением удлинительной катушки, включаемой последовательно с L_A (рис. 155 *Б*) или параллельным включением конденсатора C_A (рис. 155 *В*). Последовательное включение конденсатора рекомендуется применять лишь при нечетных гармониках, а параллельное—при четных гармониках. Удлинительная катушка одинаково пригодна в обоих случаях.

Разберем пример настройки Г-образной антенны с горизонтальной частью в 35 *м* и снижением в 25 *м*. Передатчик расположен в нижнем этаже и поэтому провод к заземлению короткий. Антенна удалена от строений. Общая длина провода равна $35 + 25 = 60$ *м*. Тогда $\lambda_1 = 4{,}4 \cdot 60 \approx 264$ *м*.

Рассчитаем ориентировочно настройку на 160 *м*, 80 *м* и 40 *м*. Для 160 *м* удобнее всего удлинить собственную волну до 320 *м* и работать на 2-ой гармонике. Для этого параллельно катушке L_A придется включить конденсатор емкостью до 500 *см* или последовательно-удлинительную катушку. Однако, работа на вто-

рой гармонике неудобна тем, что около L_A будет узел тока, и индикатор не покажет наличие тока. Поэтому такая антенна вообще неудобна для работы на волне в 160 *м*. Волну 80 *м* можно получить возбуждением антенны на третьей гармонике; но так как $\lambda_3 = \frac{264}{3} \approx 88$ *м*, а фактически даже больше из-за удлинения, вносимого катушкой L_A, то необходимо последовательно в антенну включить конденсатор и укоротить собственную ее длину волны до $3 \cdot 84 = 252$ *м*. Работа на 84 *м* очень удобна, так как около L_A будет пучность тока. Для волны 42 *м* можно было бы оставить настройку на 84 *м*, но тогда получится работа на четной (6-ой) гармонике, что неудобно. Поэтому лучше перейти на 7-ю гармонику, для чего необходимо удлинить собственную волну до $7 \cdot 42 = 294$ *м*. Такое удлинение лучше сделать с помощью удлинительной катушки.

Заземленвая антенна имеет ряд недостатков. Само заземление обычно вносит большие потери. Приходится работать на высоких гармониках, а чем выше гармоника, тем слабее ток в антенне и тем труднее его обнаружить индикатором. Удобнее антенна Маркони с противовесом (рис. 154). Настраивается она также, как заземленная антенна, но может с бо́льшим успехом возбуждаться на четных гармониках. Собственная волна такой антенны равна приблизительно удвоенной длине провода:

$$\lambda = 2{,}1\ l$$

Однако, для работы с антенной Маркони в разных диапазонах приходится применять несколько различных противовесов и настраивать антенну конденсаторами и удлинительными катушками. Эти неудобства, а также большая потеря излучения с противовеса и снижения антенн Маркони заставляют радиолюбителей строить специальные коротковолновые антенны с неизлучающими фидерами.

5. Антенны со стоячими волнами в фидерах

Передающие антенны с фидерами со стоячими волнами в настоящее время вытесняются более совершенными типами антенн, но все же еще применяются в коротковолновой практике.

Фидер со стоячей волной всегда бывает двухпроводным (рис. 156). Он связывается тем или иным способом с контуром передатчика и идет к излучающей части—вибратору, возбуждаемому на основной волне или на гармониках.

Двухпроводный фидер при совершенно точной настройке не излучает электромагнитные волны, так как в его проводах токи сдвинуты по фазе на 180°, т. е. они в любой момент равны друг другу, но противоположны по направлению. Благодаря этому создаваемые ими электромагнитные поля взаимно уничтожаются.

Однако, на практике добиться полной симметрии токов в обоих проводах фидера не удается, вследствие чего часть энергии с фидера излучается в пространство.

Наиболее распространена из этого вида антенн среди радиолюбителей антенна типа Цеппелин (рис. 156)—полуволновой вибратор длиною в 0,475 λ, питаемый двухпроводным фидером, присоединенным к одному из концов вибратора. Так как на конце вибратора находится пучность напряжения, то такие антенны называют еще антеннами с питанием напряжением. Конец второго провода фидера около антенны остается изолированным.

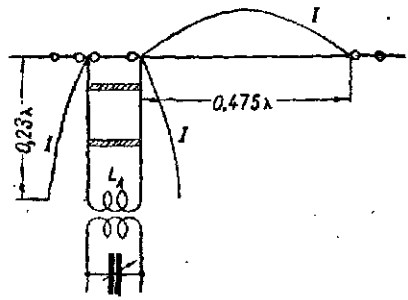


Рис. 156. Антенна типа Цеппелин с фидером со стоячей волной

Длина фидера должна быть такой, чтобы антенная катушка L_A оказалась в пучности тока. Для этого вдоль фидера должно укладываться нечетное число четвертей волны, т. е. $\frac{\lambda}{4}$ или $\frac{3}{4}\lambda$ или $\frac{5}{4}\lambda$. Однако, во избежание значительных потерь энергии, делать фидер очень длинным не рекомендуется. Целесообразно иметь фидер длиною в $^1/_4\ \lambda$ или в крайнем случае $^3/_4\ \lambda$, но не более. Вследствие близости фидера к стенам здания и наличия катушки L_A, удлиняющей волну фидера, приходится длину фидера брать не в $^1/_4\ \lambda$, а примерно в 0,23 λ, и не в $^3/_4\ \lambda$, а в 0,7 λ.

Антенна Цеппелин может работать не только на основной волне, но и на четных и нечетных гармониках. Однако, при этом необходимо изменять длину фидера, что является главным недостатком антенны Цеппелин, а также и всех других антенн с фидерами стоячей волны. Вместо изменения длины проводов фидера практически применяют укорочение или удлинение волны фидера с помощью конденсаторов и катушек. Укорочение фидера (применяется наиболее часто) достигается включением последовательно конденсаторов одинаковой емкости по 100—250 *см* (рис. 157 *А*). Удлинение фидера можно получить либо параллельным включением конденсатора (рис. 157 *Б*), либо включением двух одинаковых удлинительных катушек (рис. 157 *В*).

Для примера рассмотрим расчет антенны Цеппелин на $\lambda = 42$ *м* и методы настройки ее на 21 *м* и 10,5 *м*. Длина излучающей части (вибратора) $l = 0{,}475 \cdot 42 = 20$ *м*. Фидер должен иметь для волны 42 *м* длину $0{,}23 \cdot 42 \approx 9{,}7$ *м* или $0{,}7 \cdot 42 = 29{,}5$ *м*. Пусть расположение антенны и передатчика позволяет сделать фидер

длиною 9,7 *м*. Тогда для работы на волне 21 *м* длина фидера должна быть $0{,}23 \cdot 21 \approx 4{,}85$ *м* или $0{,}7 \cdot 21 = 14{,}7$ *м*. Значит для работы на $\lambda = 21$ *м* нужно либо укоротить волну фидера с помощью конденсаторов по рис. 157 *А*, либо удлинить волну фидера по рис. 157 *Б* или рис. 157 *В*. Для волны 10,5 *м* фидер должен иметь длину $0{,}23 \cdot 10{,}5 = 2{,}4$ *м* или $0{,}7 \cdot 10{,}5 = 7{,}4$ *м*. Укорачивать фидер до 2,4 *м* невыгодно, так как при слишком малых емкостях конденсаторов в схеме рис. 157 *А* получается слабая связь с антенной. Поэтому удобнее укоротить фидер до 7,4 *м*. В рассмотренном случае удобно сделать фидер на $\lambda = 10{,}5$ *м* длиною 7,4 *м*, для работы на $\lambda = 21$ *м* укорачивать его до 4,85 *м*, а для $\lambda = 42$ *м* удлинять его до 9,7 *м*.

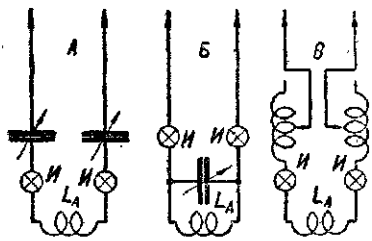


Рис. 157. Укорочение и удлинение волны фидера

В таблице 17 указаны наиболее удобные длины фидеров и методы настройки их для работы в нескольких диапазонах. Неподходящие фидеры в таблице отмечены тире.

Таблица 17

Длина фидера в *м*	Настройка, рекомендуемая для разных диапазонов				
	160 *м*	80 *м*	40 *м*	20 *м*	10 *м*
36,5	Послед.	Паралл.	Паралл.	Паралл.	Посл. и паралл.
27,5	Паралл.	Послед.	Послед.	»	Послед.
18,5	»	»	Паралл.	»	Паралл.
12,5	—	Паралл.	Послед.	»	»
9	—	—	»	»	Посл. и паралл.
4,5	—	—	Паралл.	Послед.	Параллельн.
2,5	—	—	—	Паралл.	Послед.

Для удобства настройки на разные диапазоны можно включить в фидер 3 конденсатора по схеме рис. 158 *А* или два конденсатора с переключателем по рис. 158 *Б*, позволяющие быстро переходить от параллельного включения емкости к последовательному.

При устройстве антенны Цеппелин нужно обратить внимание на симметричность и хорошую изоляцию проводов фидера. Оба провода фидера должны быть одинаковой длины и одинаково расположены по отношению к близким предметам. Расстояние между проводами берется 15 ÷ 30 *см*. Распорками обычно служат эбонитовые или стеклянные палочки (или трубки). Можно также

сделать деревянные палочки с фарфоровыми роликами на концах. Для сохранения постоянства расстояния между проводами распорки ставят через каждые 1÷2 *м*. Желательно также натянуть фидер потуже, чтобы провода меньше качались от ветра. Особенно важно отсутствие качания и дрожания фидера при передатчике с самовозбуждением. Излучающая часть антенны Цеппелин может располагаться не только под прямым углом к фидеру, как показано на рис. 156, но и под тупым углом или может даже составлять одну прямую с фидером. Провод рекомендуется применять голый медный сплошной диаметром 1÷2 *мм* без спаек. Подвешивать антенну лучше на веревке, а не на металлической проволоке или тросе.

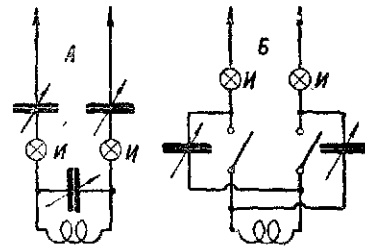


Рис. 158. Способы настройки фидера на разные диапазоны

Второй тип антенны с питанием стоячей волной — антенна Герц является примером симметричной антенны (рис. 159). Он особенно удобен для двухтактных передатчиков. Возбуждение этой антенны на основной волне (рис. 160 *А*) и на нечетных гармониках дает в месте присоединения фидера к антенне пучность тока. Поэтому говорят, что антенна Герц питается током. Общая длина провода обеих половинок излучающей части должна быть равна 0,475 λ_1, следовательно, длина каждой половины — 0,237 λ_1. Длина фидера должна быть такова, чтобы на ней укладывалось четное число четвертей волны. Таким образом, фидер может иметь длину $\frac{\lambda}{2}$ или λ или $\frac{3}{2}\lambda$. Для учета влияния местных предметов вместо $\frac{\lambda}{2}$ следует брать примерно (0,45 ÷ 0,47) λ. Например, для волны 42 *м* обе половины излучающей части имеют длину по 0,237 · 42 = 10 *м*. Фидер может иметь длину в среднем 0,46 · 42 = 19,3 *м* или 38,6 *м*.

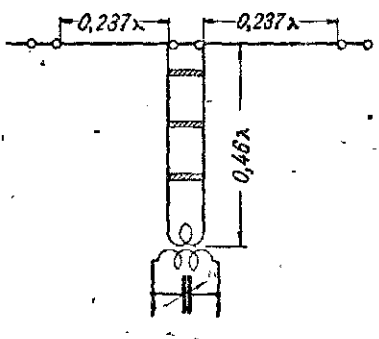


Рис. 159. Антенна Герц

При возбуждении антенны Герц на четных гармониках (рис. 160*Б*) антенна превращается в сдвоенный или симметричный Цеппелин с питанием напряжением. Поэтому, при желании работать в диапазоне 21 *м* с антенной на основную волну 42 *м*, длина фидера должна уже как и в Цеппелине составлять нечетное число четвертей волны, т. е. быть равна 0,23 · 21 = 4,85 *м* или 0,7 · 21 = 14,7 *м* и т. д.

Антенна Герца подобно антенне Цеппелин требует изменения длины фидера для работы на разных диапазонах. При устройстве антенны Герц нужно особенно следить за строгой симметрией. Излучающая часть должна быть расположена под прямым углом к фидеру.

Мощность в антенне с фидером стоячей волны можно приближенно определить по формуле $P = I_A^2 \cdot R_\Sigma$ (стр. 153), считая, что

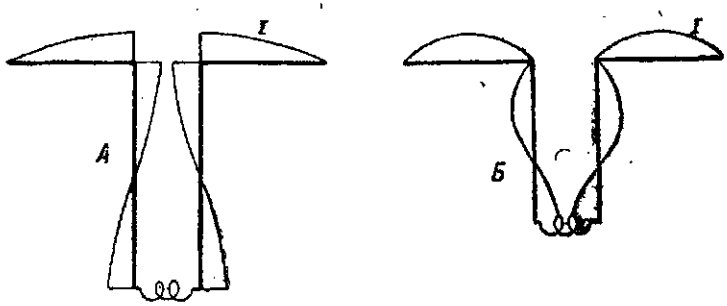


Рис. 160. Возбуждение антенны Герц на основной волне и на второй гармонике

ток в пучности излучающей части равен току в пучности фидера т. е. около антенной катушки. Сопротивление излучения антенны Цеппелин для основной волны равно 73 *ом*, для 2-й гармоники—93 *ом* и для 4-ой гармоники—114 *ом*.

Для антенны Герц для основной волны R_Σ тоже равно 73 *ома*, но для 2-ой гармоники $R_\Sigma = 200$ *ом*.

Антенны со стоячими волнами в фидерах имеют следующие существенные недостатки:

1) для работы в разных диапазонах нужно изменять либо длину фидеров, либо перестраивать их с помощью емкостей или самоиндукций;

2) при отсутствии полной симметрии фидер сам излучает энергию;

3) к.п.д. фидера со стоячей волной обычно невысок и поэтому нельзя делать фидер длинным;

4) колебания проводов фидера от ветра сильно изменяют его настройку, что вызывает колебание волны при самовозбуждающемся передатчике или колебание мощности в антенне при передатчике с посторонним возбуждением.

Все эти недостатки почти полностью устраняются при применении фидеров с бегущей волной.

6. Антенны с бегущей волной в фидере

Бегущая волна (см. стр. 149) в проводе ценна тем, что провод при этом не излучает радиоволны. Но бегущая волна отражается

от конца провода и тогда получается стоячая волна. Как же устранить отражение волн в фидере?

Электрические свойства цепей постоянного тока определяются величиной омического сопротивления R, связывающего напряжение U и силу тока I в виде закона Ома: $R=\frac{U}{I}$. Подобно этому свойства цепей с распределенными постоянными определяются величиной **волнового сопротивления** ρ, представляющего отношение напряжения к силе тока бегущей волны. Каждый провод в зависимости от своих размеров обладает определенным волновым сопротивлением. Отражение бегущей волны происходит всегда в той точке провода, где имеется резкое изменение волнового сопротивления (конец провода, резкий поворот и т. д.). Такое резкое изменение величины ρ в антеннах Цеппелин и Герц имеется как раз в месте присоединения фидера к вибратору.

Волновое сопротивление двухпроводного фидера составляет примерно 600 *ом*. Вибратор при питании током представляет для фидера нагрузку немного большую, чем сопротивление излучения (R_Σ плюс сопротивление потерь). При питании напряжением вибратор, наоборот, представляет нагрузку с сопротивлением в несколько тысяч ом. Благодаря такому резкому изменению величины сопротивления в фидере—в месте его присоединения к вибратору получается отражение бегущей волны и в фидере возникают стоячие волны. Значительная разница в величине волнового сопротивления фидера и сопротивления нагрузки (вибратора) вызывает кроме того понижение к.п.д. фидера. К.п.д. (коэфициент полезного действия) фидера представляет собой отношение мощности, отдаваемой фидером вибратору, к мощности, получаемой фидером от передатчика. Для сохранения в фидере бегущей волны, подключенный к нему вибратор должен представлять нагрузку, равную волновому сопротивлению фидера. Преимущества фидера с бегущей волной весьма существенны. Прежде всего длина его может быть произвольной и не зависит от длины волны. Не требуется никакой настройки фидера и поэтому переход с одного диапазона на другой очень прост. К.п.д. фидера с бегущей волной значительно выше, чем фидера со стоячей волной. И, наконец, очень существенна возможность устройства однопроводного фидера.

В любительской практике применяют главным образом два типа антенн Герц с питанием бегущей волной—с однопроводным фидером и с двухпроводным фидером.

Антенна Герц **с однопроводным фидером** или так называемая „американка" показана на рис. 161. Она удобна лишь для однотактных передатчиков. Излучающая часть имеет обычную длину $l=0{,}475\lambda$. Фидер присоединяется на расстоянии примерно в $0{,}36\,l$ от одного конца вибратора или $0{,}14\,l$

от середины антенны. Фидер должен по крайней мере на длине не менее 0,3 l итти под прямым углом к вибратору. Дальше он может делать повороты, но не резкие. Этот тип антенны хорошо работает не только на основной волне, но и на второй гармонике. На 4-ой гармонике возбуждение антенны получается обычно плохое. Таким образом, „американка" на основную волну 84 *м* работает хорошо и на 42 *м*, а антенна на 42 *м* работает хорошо

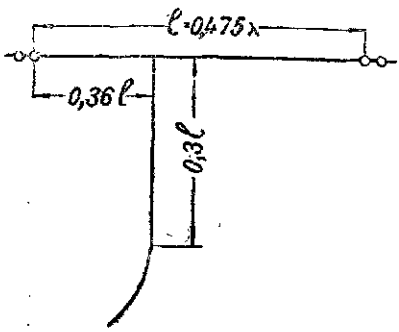


Рис. 161. Антенна Герц с однопроводным фидером

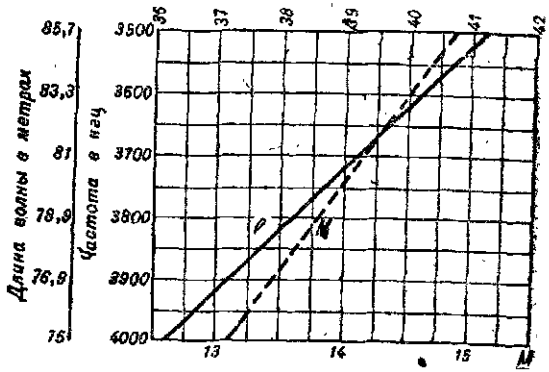


Рис. 162. Расстояние от точки присоединения фидера до конца антенны в метрах, l — длина антенны (в *м*), M — расстояние от точки присоединения фидера до конца антенны (в *м*)

на 21 *м*. Для работы во всех диапазонах лучше сделать две антенны: одну на 84 *м*, пригодную и для 42 *м*, другую на 21 *м*, пригодную также для волны 10,5 *м*. На рис. 162 приведен график для расчета „американки" на 80-метровый диапазон для антенны и фидера из провода диаметром 1,5 *мм*. Если величины длин волн и размеров антенны разделить на 2, то получаются данные

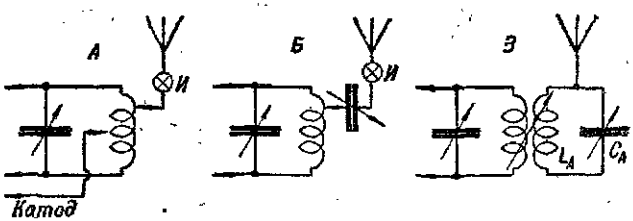


Рис. 163. Связь антенны „американка" с передатчиком

для 40-метрового диапазона; если разделить на 4—для 20-метрового диапазона.

Связь однофидерной „американки" с передатчиком чаще всего делают непосредственную (рис. 163 *А*). Для более удобного подбора связи иногда в фидер включают переменный конденсатор (163 *Б*). На рис. 163 *В* показана схема индуктивной связи с по-

мощью специального промежуточного контура $L_A C_A$, настраиваемого на рабочую волну. Последний способ связи можно применить для нагрузки двухтактного передатчика на однофидерную антенну.

Антенна с питанием бегущей волной настраивается на максимум тока в индикаторе, включенном в фидер. Однако, сила тока в фидере получается в несколько раз меньше, чем в фидере со стоячей волной. Мощность в антенне легко определить по формуле:

$$P_A = I^2 \cdot \rho \qquad (3)$$

где I — сила тока в фидере в амперах и ρ — волновое сопротивление фидера, равное обычно в среднем 600 *ом*. Если в антенне, например, очень слабо горит лампочка от карманного фонаря, то можно считать, что $I \approx 0{,}12\ a$ и мощность $P_A \approx 0{,}12^2 \cdot 600 \approx 8{,}6\ вт$. К.п.д. фидера бегущей волны достигает 90÷95 % и поэтому почти вся мощность передается вибратору. Однако, все преимущества антенны с питанием бегущей волной получаются лишь тогда, когда в фидере действительно имеется одна только бегущая волна. Проверка этого условия производится с помощью индикатора напряжения, передвигаемого вдоль фидера на протяжении не менее $^1/_8\,\lambda$, а лучше $^1/_4\,\lambda$. В качестве такого индикатора удобно применить неоновую лампу на 110 *в*. Достаточно взять ее рукой за баллон и коснуться одним полюсом цоколя провода фидера, чтобы вызвать свечение газа. При одной только бегущей волне свечение не должно изменяться по длине фидера. Если же в разных точках фидера свечение различно, то это значит, что в фидере имеется отражение и возникли стоячие волны. Причина этого может быть в резких изгибах фидера, в плохой изоляции ввода (если стоячие волны наблюдаются на фидере лишь от передатчика до ввода) или в неверном присоединении фидера к вибратору. При более мощных передатчиках, когда ток в фидере достигает нескольких десятых ампера, вместо индикатора напряжения—неоновой лампы, можно применить индикатор тока, например, лампу ПТ-2 („Микро"), которую включают параллельно участку провода фидера длиною в 20÷30 *см* (рис. 164) и передвигают вдоль фидера так, чтобы индикатор все время был включен на постоянный по длине участок провода. При одной только бегущей волне ток в индикаторе будет постоянным.

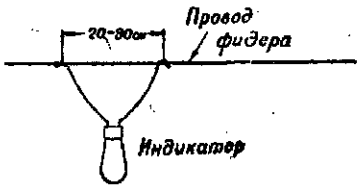


Рис. 164. Способ включения индикатора тока

Антенна Герц с двухпроводным фидером называется иначе еще „дублет Герц антенна" (сокращенно „дублет"). Эта антенна является симметричной антенной и поэтому особенно пригодна для двухтактных передатчиков. Двухпровод-

ный фидер на некотором расстоянии от вибратора идет расходящимися проводами (рис. 165), включенными на участок вибратора, равный, примерно, четверти его длины. При разведении проводов фидера волновое сопротивление его постепенно увеличивается и поэтому в фидере нет отражения волн. Расстояния M и N подобраны так, что сопротивление вибратора, как нагрузки для фидера, равно волновому сопротивлению фидера.

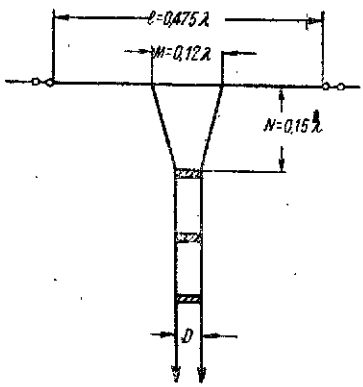


Рис. 165. Антенна Герц с двухпроводным фидером

Для фидера с волновым сопротивлением 600 *ом* длина вибратора и расстояние между концами должны иметь следующие размеры: для волн от 18 до 100 *м* $l=0{,}475\,\lambda$ и $M=0{,}12\,\lambda$; для 10-метрового диапазона $l=0{,}47\,\lambda$ и $M=0{,}115\,\lambda$, а для волн длиннее 100 *м* $l=0{,}48\,\lambda$ и $M=0{,}125\,\lambda$. Величина N равна $0{,}15\,\lambda$ для всех волн. Чтобы фидер имел волновое сопротивление 600 *ом*, расстояние D между проводами фидера должно быть в 75 раз больше диаметра провода d.

Рассчитаем для примера антенну на волну 84 *м* из провода диаметром $d=2$ *мм*. Длина вибратора $l=0{,}475\cdot 84\approx 40$ *м*, $M=$

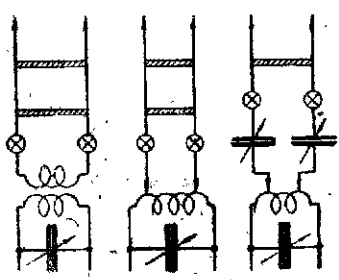


Рис. 166. Связь фидера антенны „дублет" с передатчиком

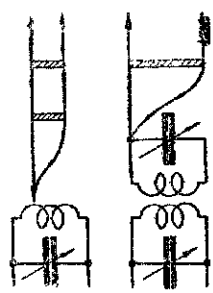


Рис. 167. Способ включения „дублета" для работы на 2-й гармонике

$=0{,}12\cdot 84\approx 10{,}1$ *м*. Значит концы фидера должны отстоять на 5,05 *м* от середины вибратора. Наконец $N=0{,}15\cdot 84=12{,}6$ *м* и $D=75\cdot 2=150$ *мм* $=15$ *см*.

В остальном устройство фидера не отличается от описанного выше двухпроводного фидера со стоячей волной. Необходимо соблюдать симметрию и избегать резких поворотов, так как они могут вызвать отражение волн.

Связь „дублета" с передатчиком лучше делать индуктивной, но можно конечно осуществить непосредственную или емкостную связь (рис. 166).

Недостатком „дублета" является невозможность работы на 2-ой, 4-ой и вообще четных гармониках. Однако, можно использовать „дублет" для работы на 2-й гармонике, если по обоим проводам фидера посылать бегущие волны с одинаковой фазой. Для этого оба провода фидера приключаются вместе к одной точке катушки передатчика или к концу промежуточного контура (рис. 167). Симметричность при этом, конечно, нарушается. „Дублет" как симметричная антенна может работать лишь на основной волне.

Расчет мощности в „дублете" аналогичен разобранному выше расчету для однофидерной „американки".

Из сказанного видно, что „дублет" имеет только одно преимущество: симметричность, делающую его подходящим для двухтактной схемы. Поэтому для однотактных схем проще делать однофидерную „американку". Практика многих любителей показала, что последняя дает весьма хорошие результаты для дальней связи.

7. Другие типы антенн

Иногда применяются любителями и другие типы передающих антенн, например антенна Фукс, представляющая собой вибратор длиною в $^1/_2\lambda$ (точнее $0{,}475\,\lambda$), присоединенный без всякого фидера к передатчику с помощью промежуточного контура (рис. 168). Эта антенна дает хорошие результаты в случае, если вибратор не заэкранирован крышами и зданиями. Антенна может работать на любых гармониках. Так как у контура L_A C_A получается узел тока, то включать индикатор последовательно в антенну нельзя. Его нужно связать индуктивно с контуром. Резонанс антенны с передатчиком будет в том случае, когда подключение антенны не изменяет накал индикатора.

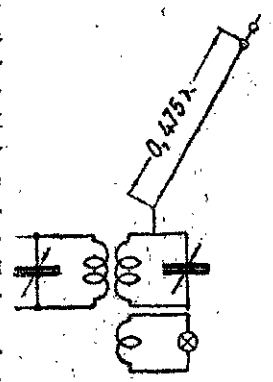


Рис. 168. Антенна Фукса

На рис. 169 и 170 приведены две комбинированные антенны с переключениями, позволяющие работать на многих любительских диапазонах. Антенна рис. 169 предназначена для 5 диапазонов. На 21 *м* и 42 *м* рубильник *К* замыкается и получается обычный „Цеппелин", при чем для 42 *м* фидер „укорачивается" конденсаторами. Для диапазона 10 *м* рубильник *К* размыкают и получается „Цеппелин" с изогнутой под углом излучающей частью, работающей на 7-й гармонике. На 80 *м* антенна работает как антенна Фукс на основной волне с изогнутой излучающей частью. И наконец на 160 *м* работа происходит на обычную заземленную антенну Маркони.

На рис. 170 дана антенна для 3 диапазонов. Излучающая часть имеет длину 19 ÷ 20 *м*, а фидер может иметь длину 4,8 *м*

или 9,8 *м* или 14,4 *м*. Противовес длиною 14 ÷ 16 *м* может включаться рубильником *К*. Две катушки L_1 и L_2 имеют по 16 витков провода толщиною 1,5 ÷ 2 *мм*. Диаметр катушек 50 *мм* и шаг намотки 9 *мм*. Для работы на волне 21 *м* щипки ставятся в точки *а* при фидере длиною 4,8 *м* или 14,4 *м*, а при фидере в 9,8 *м*

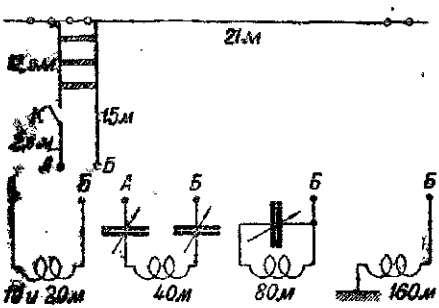


Рис. 169. Антенны для 5 диапазонов

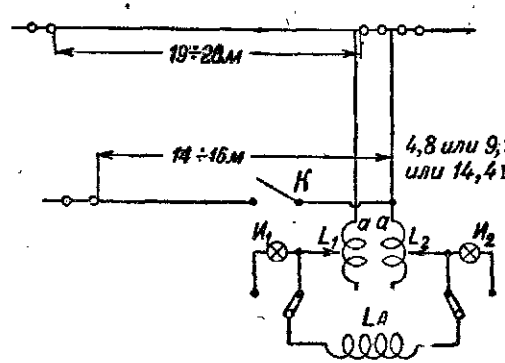


Рис. 170. Антенна для 3 диапазонов

нужно подобрать число витков для лучшей отдачи. На 40-метровый диапазон наоборот при фидере длиной в 9,8 *м* ставят щипки в точки *а*, а при фидере другой длины подбирают точки присоединения к катушкам.

Оба эти диапазона получаются при отключенном противовесе. Для 80 *м* нужно подключить противовес и настроить всю систему на наибольшее показание индикатора $И_1$ путем передвижения щипков по катушкам.

Рассмотренные антенны с переключениями на разные диапазоны имеют ряд недостатков.

Поэтому для наиболее важных диапазонов 10 *м*, 20 *м*, 40 *м* и 80 *м* все же лучше применить две американки, рассчитанные на основные волны 21 *м* и 84 *м*. И лишь в случае невозможности установки двух таких антенн можно сделать одну из описанных антенн типа Цеппелин.

8. Простейшие направленные антенны

Каждый вибратор обладает некоторым направленным действием. Принято характеризовать эту направленность так называемыми полярными диаграммами излучения. Такие диаграммы показывают в горизонтальной или вертикальной плоскости распределение излучения в пространстве вокруг антенны. Кривые линии на этих диаграммах показывают расположение точек пространства с одинаковой напряженностью поля и поэтому дают некоторое указание о слышимости передатчика в разных направлениях.

Горизонтальный вибратор, расположенный не слишком близко к земле, и работающий на основной волне, имеет диаграмму излучения в горизонтальной плоскости, показанную на рис. 171 *А*. Наибольшая энергия излучается перпендикулярно вибратору, а вдоль него энергия совершенно не должна излучаться. Однако

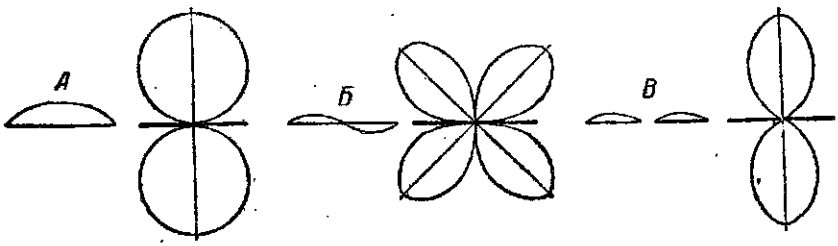
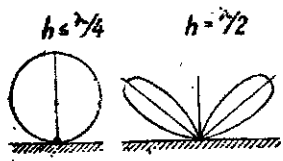


Рис. 171. Полярные диаграммы излучения горизонтального вибратора в горизонтальной плоскости

вследствие влияния на излучение находящихся вблизи вибратора земли и строений в действительности не наблюдается почти никогда отсутствие слышимости в направлении вдоль вибратора. При возбуждении вибратора на 2-й гармонике диаграмма получается уже иная (рис. 171 *Б*). При возбуждении симметричной антенны „Герц" на второй гармонике диаграмма имеет вид рис. 171 *В*. Еще более сложны диаграммы излучения при работе вибратора на более высоких гармониках.



Излучение в вертикальной плоскости горизонтального вибратора зависит от его высоты над землей. На рис. 172 показаны диаграммы излучения вибратора на основ-

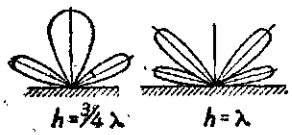


Рис. 172. Диаграммы излучения горизонтального вибратора в вертикальной плоскости

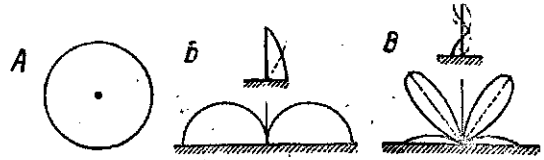


Рис. 173. Диаграммы излучения вертикального вибратора в горизонтальной (*А*) и вертикальной (*Б* и *В*) плоскостях

ной волне при разной его высоте h над землей. При работе на более высоких гармониках диаграммы усложняются, так как чем выше гармоника, тем больше будет число максимумов излучения.

Для вертикальной антенны диаграмма излучения в горизонтальной плоскости будет окружность (рис. 173 *А*) (при отсутствии

конечно вблизи антенны экранирующих предметов). Диаграммы же излучения этой антенны в вертикальной плоскости зависят тоже от номера гармоники и от высоты расположения вибратора над землей (рис. 173 *Б* и *В*).

Расположенные вблизи антенны здания, крыши, оттяжки мачт, а также неточная настройка значительно искажают диаграммы излучения, поэтому расчет направленного действия антенны в любительских условиях чрезвычайно труден. Но диаграммы излучения часто могут объяснить случаи резко неодинаковой слышимости передатчика в разных направлениях, более удачной работы на одной гармонике по сравнению с другой и т. п.

Для передачи (или приема) только в одном направлении, прибегают к помощи рефлекторов (зеркал). Наиболее простым является так называемое пассивное зеркало, представляющее собою вибратор той же длины, что и основной излучатель (лучше на 2-3% длиннее), не имеющий никакого питания, и расположенный параллельно антенне на расстоянии примерно в 0,2λ в стороне противоположной желаемому максимуму излучения, как это показано на рис. 174. На этом же рисунке изображена и диаграмма излучения. Рефлектор располагается обычно на одной высоте с антенной. В более сложных антеннах применяют активные зеркала, которые в отличие от пассивных питаются от передатчика специальным фидером или ответвлением главного фидера. Наконец, для увеличения направленности антенны делают ее из большого числа вибраторов и зеркал, расположенных особым образом, что однако неприменимо в любительской практике.

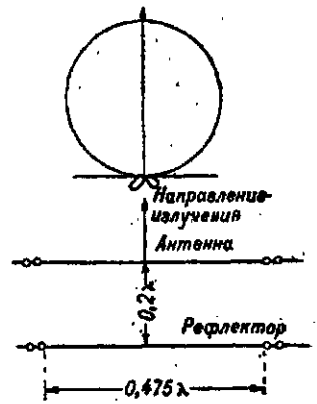


Рис. 174. Горизонтальный вибратор с рефлектором и диаграмма излучения такой направленной антенны

Все рассмотренные нами диаграммы направленного излучения являются также и диаграммами направленного приема, если антенны использовать для приема. Каждая антенна обычно принимает лучше с того направления, в котором она максимально излучает.

Глава VIII

ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬ

1. Измерения любителя

Измерения любителя ограничиваются главным образом его работой с передатчиком. Некоторые измерения относятся также к работе с приемником, как например градуировка шкал настройки и контроль за напряжением источников тока.

В передатчиках любителю приходится измерять ток или напряжение накала ламп, ток в анодных цепях, анодное напряжение, ток в антенне, мощность передатчика, длину волны и коэфициент модуляции.

Для измерения токов накала и анодных токов служат амперметры и миллиамперметры—электромагнитные и магнито-электрические.

Измерение токов в антенне производится с помощью тепловых приборов, термоэлектрических приборов и различных индикаторов.

Напряжения накала и анодных источников тока измеряются вольтметрами—электромагнитными и магнито-электрическими.

Для измерения длин волн и градуировок приемников и передатчиков служат волномеры—резонансные и ламповые.

Налаживание приемника и подгонка режимов отдельных ламп производится с помощью вольтметра с высоким сопротивлением.

2. Измерение силы тока и напряжения

По конструкции и по принципу действия между прибором для измерения силы тока—амперметром и прибором для измерения напряжения—вольтметром нет существенной разницы. Ток воздействует в приборе тем или иным способом на подвижную систему, что вызывает отклонение соединенной с ней указательной стрелки. Величина отклонения стрелки зависит от величины проходящего через прибор тока. Под стрелкой помещается шкала, отградуированная в амперах или миллиамперах для амперметра или миллиамперметра и в вольтах—для вольтметра.

Амперметр и миллиамперметр включаются последовательно с нагрузкой (рис. 175 А). Во избежание больших потерь внутреннее сопротивление прибора делается незначительным, порядка десятых, сотых и даже тысячных долей ома.

Вольтметр отличается от амперметра лишь тем, что внутреннее сопротивление его делается очень большим—до сотен и тысяч ом. Вольтметр включается в цепь параллельно с нагрузкой (рис. 176 А). Через вольтметр проходит небольшой ток, величина которого зависит от напряжения на зажимах вольтметра и от его сопротивления.

Весь измеряемый ток пропускают при измерении через амперметры или миллиамперметры лишь при незначительной его величине. Для измерения же больших токов—до десятков и сотен ампер, в приборе приходится применять очень толстые провода, вследствие чего прибор становится громоздким. Во избежание этого применяют так называемый шунт, т. е. сопротивление, приключаемое параллельно к зажимам амперметра (рис. 175 Б). При таком включении общий ток разделяется на две части, из которых меньшая проходит через обмотку амперметра и приводит в действие его стрелку, а большая проходит мимо рабочих проводов прибора через шунт. Сопротивление шунта можно подобрать таким, чтобы через него проходила любая часть общего тока.

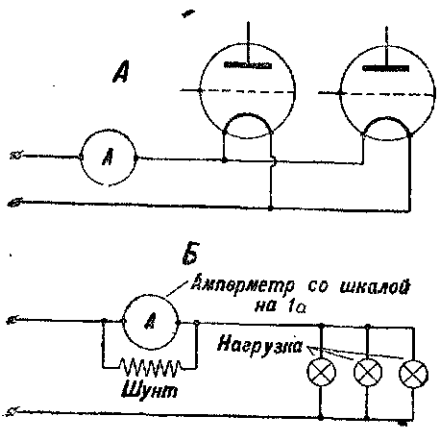


Рис. 175. Включение амперметра

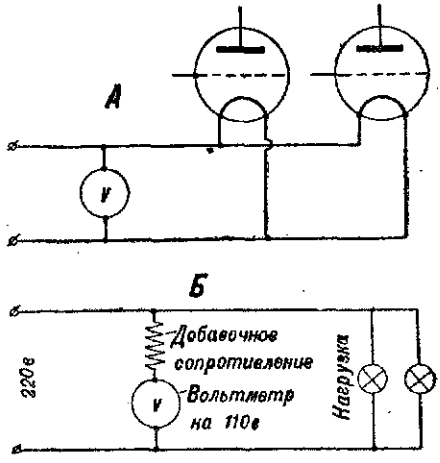


Рис. 176. Включение вольтметра

Благодаря шунту предел измерения амперметра можно значительно расширить. Подобрав, например, к миллиамперметру несколько шунтов разных сопротивлений, можно одним и тем же прибором измерять токи силой от нескольких миллиампер до сотен ампер.

Расширения пределов измерения можно получить и у вольтметра. Вместо того, чтобы для измерения высоких напряжений рабочие катушки вольтметра делать с большим сопротивлением, можно к вольтметру на малое напряжение приключить последовательно добавочное сопротивление (рис. 176 Б).

Добавочное сопротивление подбирается с таким расчетом, чтобы в нем поглощался весь излишек напряжения. Если, например, вольтметром, предназначенным для измерения напряжений до 10 *в*, надо измерять напряжения в 110 *в*, добавочное сопротивление должно поглотить 100 *в*.

Добавочное сопротивление изготовляется из проволоки с большим удельным сопротивлением, например, из никелина, нихрома и т. п., которая наматывается бифилярно (обычно в виде катушки). С помощью одного или нескольких добавочных сопротивлений с отводами можно одним и тем же вольтметром измерять напряжения в очень широких пределах.

Сопротивление шунта к амперметру подсчитывается по формуле:

$$R_ш = \frac{R_o}{\frac{I}{I_o} - 1} \text{ ом}$$

где $R_ш$ — сопротивление шунта; R_o — сопротивление амперметра, к котрому подбирается шунт; I_o — ток, при котором происходит плное отклонение стрелки прибора без шунта; I — ток, при котором должно происходить полное отклонение стрелки при включенном шунте.

Для определения величины добавочного сопротивления к вольтметру пользуются формулой:

$$R_{доб} = \left(\frac{E}{E_o} - 1\right) R_o \text{ ом},$$

где $R_{доб}$ — добочное сопротивление, R — сопротивление вольтметра, E_o — напряжение, при котором происходит полное отклонение стрелки прибора без добавочного сопротивления и E — напряжение, при котором происходит полное отклонение стрелки прибора при включенном добавочном сопротивлении.

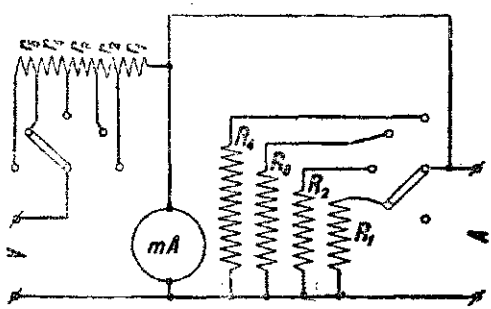


Рис. 177. Схема универсального измерительного прибора из миллиамперметра

Пользуясь шунтами и добавочными сопротивлениями, нетрудно изготовить из миллиамперметра „универсальный" прибор. Для этого подбирают ряд шунтов при присоединении которых миллиамперметр будет работать как амперметр на разные силы токов. В том же ящике устанавливается и добавочное сопротивление с отводами. Концы от сопротивлений и шунтов подводятся к двум переключателям (рис. 177), с помощью которых прибор становится вольтметром или амперметром на любое напряжение и любой ток.

3. Электромагнитные приборы

Это наиболее простые измерительные приборы, состоящие из неподвижной катушки из медной проволоки и подвижного якорька из мягкого железа, который при прохождении тока че-

рез катушку втягивается внутрь ее. Якорек соединен с осью, на которой укреплена указательная стрелка. При втягивании якоря внутрь катушки стрелка отклоняется на тем бо́льший угол, чем больший ток протекает через катушку. При прекращении тока стрелка возвращается в первоначальное положение с помощью уравновешивающих грузиков или спиральной пружинки.

Для амперметра катушка изготовляется из толстой проволоки и имеет небольшое число витков. В вольтметре же катушка состоит из большого числа витков тонкой проволоки и имеет сопротивление в несколько сот ом.

Электромагнитные приборы пригодны для измерений как постоянного, так и переменного тока. Градуировка прибора при переменном токе будет несколько отличаться от градуировки его для постоянного тока.

Шкала электромагнитных приборов неравномерна и несколько сжата в начале ее в области малых токов или напряжений.

4. Магнито-электрические приборы

Эти приборы пригодны только для измерений постоянного тока. Прибор состоит из неподвижного магнита и подвижной катушки, помещенной в поле магнита. Подвижная катушка вращается на оси и отклоняется от своего начального положения под влиянием проходящего через нее тока. Катушка соединена с указательной стрелкой (рис. 178). Угол поворота ее пропорционален силе тока, протекающего через обмотку. Две спиральные пружины возвращают катушку после прекращения тока в положение покоя.

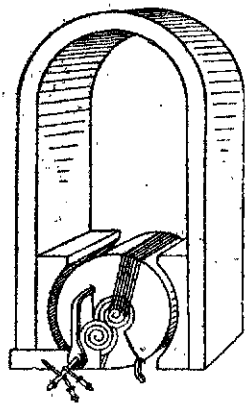


Рис. 178. Устройство магнито-электрического прибора

Эти же пружинки служат одновременно и для подведения тока к обмотке.

Магнито-электрические приборы обладают большой чувствительностью. Обычно полное отклонение их стрелки происходит при токах от 10 до 150 *ма*. С шунтами и добавочными сопротивлениями прибор может работать как амперметр или вольтметр.

В последнее время к приборам магнито-электрического типа начали добавлять купроксные выпрямители, благодаря чему эти приборы можно использовать для измерений переменного тока.

5. Тепловые приборы

Это единственный тип приборов с указательной стрелкой, пригодный для непосредственных измерений токов высокой частоты.

Работа тепловых приборов основана на том, что ток, проходя по проводнику, нагревает его, вследствие чего проволока удлиняется. Это удлинение проволоки зависит от нагрева, а следовательно, и от силы тока.

Рис. 179 показывает схематически устройство теплового прибора. Между двумя зажимами *K* натянута проволочка, по которой проходит ток. В точке *A* к ней прикреплена тонкая шелковая

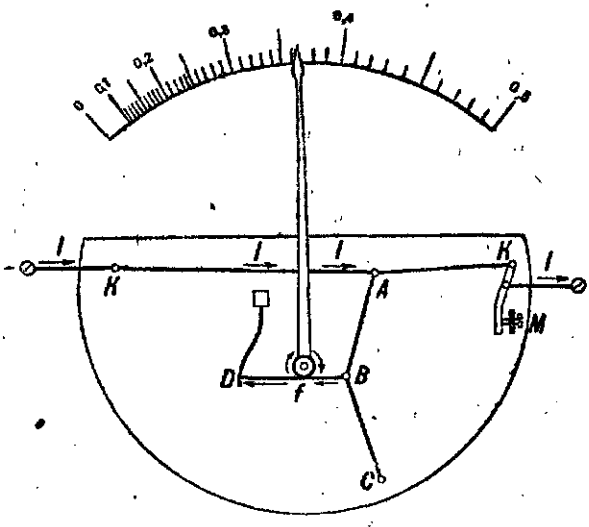


Рис. 179. Схематическое изображение устройства теплового прибора

нить, закрепленная неподвижно другим своим концом в точке *C*. К нити прикреплена вторая шелковинка, которая охватывает кругом блочок на оси стрелки и соединяется с пружиной *D*. Когда проволока нагрета током, она удлиняется и пружина *D* оттягивает шелковинку в сторону, показаиную стрелками. При этом блочек повертывается и поворачивает стрелку прибора.

Нагреваемая проволока делается из материала с возможно большим коэфициентом расширения—из иридиевой платины, никелина, нихрома и т. п., диаметром от 0,03 до 0,08 *мм*.

Шкала тепловых приборов неравномерна; деления в начале шкалы получаются очень мелкими и увеличиваются к концу ее. Поэтому чувствительность тепловых приборов при малых токах невелика.

Под влиянием изменения окружающей температуры стрелка прибора даже и при отсутствии тока часто сходит с нуля шкалы. Для устранения этого тепловые приборы снабжаются приспособлением, устанавливающим стрелку на нуль.

6. Термо-электрические приборы

Термо-электрические приборы состоят из термопары с присоединенным к ней магнито-электрическим милливольтметром. Термопара представляет собой две тонких проволочки из разных металлов, сваренных между собой в месте их соприкосновения (рис. 180), и помещенных во избежание окисления в вакуум, в стеклянный баллон.

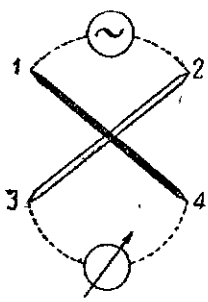


Рис. 180. Термопара

При прохождении тока между точками 1 и 2, он нагревает место спая, в котором под влиянием тепла образуется э. д. с., пропорциональная нагреву. Величина этой э. д. с. измеряется приключенным к точкам 3 и 4 гальванометром, миллиамперметром или милливольтметром, отградуированным для этой термопары на силу тока или на напряжение.

Термоприборы в настоящее время вытесняют тепловые приборы, так как дают более точные показания, обладают большей чувствительностью и пригодны для измерения как постоянного, так и переменного тока любых частот.

7. Ламповые вольтметры

Измерение различных напряжений как постоянных, так и переменных низкой и высокой частоты можно производить с помощью электронной лампы.

Приборы с электронными лампами, служащие для измерения напряжений, называются ламповыми вольтметрами. Простейшие схемы их показаны на рис. 181 *А* и *Б*.

Первая схема (*А*) представляет собою диодный вольтметр. В ней электронная лампа играет по существу роль диодного детектора. Показание миллиамперметра, измеряющего анодный ток диода, зависит от переменного напряжения, поданного на анод лампы. Таким образом миллиамперметр можно проградуировать на переменное напряжение. В качестве лампы можно применить любой кенотрон или триод, у которого надо соединить анод с сеткой. Нить накала лампы можно питать от переменного тока.

Диодный вольтметр непригоден для измерения малых напряжений. Верхним пределом измерения является напряжение, дающее ток насыщения. По характеристике лампы можно всегда определить пределы напряжений. Для измерения более высоких напряжений вводят последовательно в цепь анода добавочное сопротивление в несколько тысяч или десятков тысяч ом и, зная силу тока, учитывают падение напряжения на этом сопротивлении.

Вольтметр по схеме рис. 181 Б с триодом пригоден для измерения переменных напряжений в более широких пределах. Здесь измеряемое напряжение подается на сетку лампы.

Благодаря наличию отрицательного смещения происходит процесс, аналогичный анодному детектированию. Положительные полупериоды на сетке вызывают появление анодного тока, измеряемого миллиамперметром. Недостатком триодного вольтметра является необходимость трех источников питания. Однако вместо сеточной батареи можно применить смещение от анодного тока по схеме 181 В. В этом случае пределы измерений сильно расширяются, так как смещение увеличивается с увеличением анодного тока.

Для измерения больших напряжений нужно устроить делитель напряжения из двух сопротивлений и подавать на сетку вольтметра некоторую долю напряжения от этого делителя. Постоянные напряжения тоже можно очень удобно измерять ламповым вольтметром. Такой прибор наиболее удобен для измерения напряжений на анодах и экранирующих сетках ламп приемника во время его работы, а также для измерения смещения. Ламповый вольтметр имеет сопротивление в несколько мегомов и поэтому почти не влияет на режим работы приемника. При измерении постоянных напряжений отрицательное смещение на сетку вольтметра подавать не нужно. Зато измеряемое напряжение должно попадать минусом на сетку, чтобы не возникал сеточный ток. Тогда по величине анодного тока можно судить о напряжении. Если для вольтметра применить лампу УБ-132 при анодном напряжении 120÷140 *в*, то можно измерять напряжения от 0 до 12 *в*; анодный ток при этом будет меняться от 20 *ма* до 0. Для измерения более высоких напряжений нужно применить перед вольтметром делитель напряжения. Практическая схема универсального лампового вольтметра на лампе УБ-132

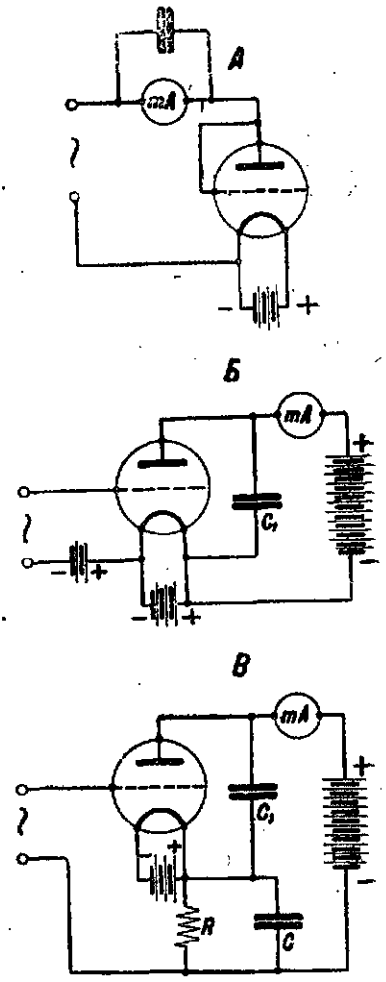


Рис. 181. Схемы ламповых вольтметров

пригодного для измерения постоянных и переменных напряжений, дана на рис. 182. Делитель напряжения составлен из сопротивления $R_1 = 2$ *мгом* и одного из сопротивлений $R_2 = 500\,000$ *ом*, $R_3 = 200\,000$ *ом* и $R_4 = 50\,000$ *ом*. Для измерения постоянных напряжений переключатель $П_2$ ставится на контакт, отмеченный знаком =.

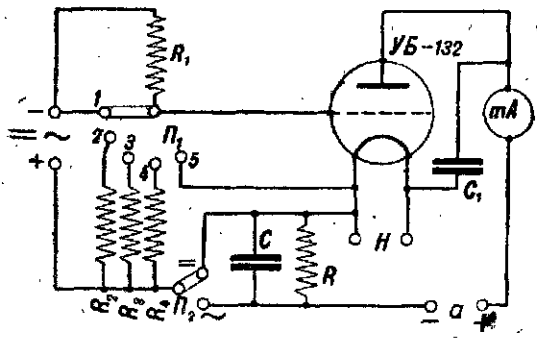


Рис. 182. Схема универсального лампового вольтметра

Напряжения до 12 *в* измеряются при положении переключателя $П_1$ на контакте 1 (без делителя). При положении переключателя $П_1$ на контакте 2 на входе вольтметра получается делитель напряжения с отношением сопротивлений 1 : 4; с ним можно измерять напряжения до 60 *в*, контакт 3 дает делитель с отношением 1 : 10, а пределы измерений расширяются до 130 *в* и, наконец, при положении $П_1$ на контакте 4 отношение в делителе будет 1 : 40 и предел измерений напряжения возрастает до 500 *в*. Для проверки градуировки прибора перед началом измерений на сетку дается ноль установкой $П_1$ на контакт 5. Измерение переменных напряжений производится переключением $П_2$ на контакт со знаком ~. Тогда на сетку дается отрицательное смещение от сопротивления $R = 6\,000$ *ом* шунтированного конденсатором $C = 1 \div 2$ *мкф*. Пределы измерений амплитуд переменных напряжений будут: на контакте 1 — до 30 *в*, на 2 — до 150 *в*, на 3 — до 330 *в* и на 4 — до 1 200 *в*. Конденсатор C_1 во всех приведенных схемах имеет емкость $1 \div 2$ *мкф*.

Градуировку лампового вольтметра лучше всего сделать в лаборатории отдельно для постоянных напряжений, переменных напряжений низкой частоты и высокой частоты. На постоянные напряжения градуировку можно сделать, пользуясь аккумуляторными элементами, у которых можно считать э. д. с. равной $2 \div 2{,}1$ *в* (в неразряженном состоянии). А градуировку на переменное напряжение можно сделать от сети переменного тока 50 *гц* с помощью понижающего трансформатора с известным коэфициентом трансформации или с помощью потенциометра с известным отношением плеч (рис. 183 А и Б). Напряжение сети следует измерить вольтметром. В монтаже лампового вольтметра нужно сводить к минимуму все паразитные емкости в сеточной цепи, особенно в делителе напряжения.

Питать ламповый вольтметр можно от батареи или от выпрямителя или даже от переменного тока через трансформатор (накал и анод). Последний способ является наиболее дешевым.

При питании нити УБ-132 переменным током надо цепь сетки подключать к средней точке накала. Миллиамперметр анодного тока может быть неточным, но важно, чтобы он сохранял постоянство своих показаний. В простейшем случае можно использовать любительский прибор на 20 *ма*. В схемах рис. 181 и 182 цепь сетки должна замыкаться через источник измеряемого на-

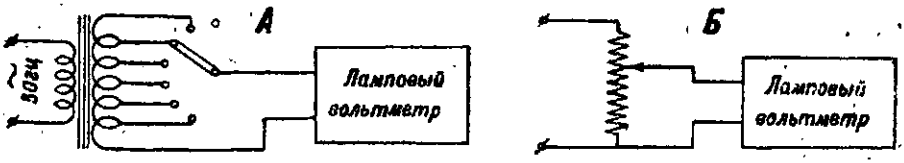


Рис. 183. Градуировка лампового вольтметра на переменное напряжение

пряжения. Если этим источником является, например, конденсатор, то очевидно, что сеточное смещение не попадет на сетку. В этом случае вход вольтметра надо шунтировать сопротивлением в 2÷3 *мгом*, через которое будет подано смещение. При применении бариевой лампы и постоянстве режима питания, ламповый вольтметр дает вполне устойчивые показания, точность которых достаточна для любительских измерений.

8. Индикаторы тока и напряжения высокой частоты

В ряде случаев бывает достаточным знать не величину тока, а только наличие наибольшего или наименьшего тока, как например при настройке передатчика, определении резонанса волномера и т. п. В этих случаях могут быть использованы так называемые индикаторы тока или напряжения. Индикаторы могут быть использованы и тогда, когда достаточно знать приближенную величину тока.

Простейшим индикатором тока является любая лампа накаливания, например, лампочка от карманного фонаря. По яркости ее горения можно судить о силе протекающего через нее тока.

На рис. 184 дана кривая, показывающая зависимость между яркостью горения лампочки для карманного фонаря и силой тока через нее. Естественно, что точность измерений, проводимых таким способом, будет невелика.

Одной такой лампочкой можно измерять ток до 0,2 *а*; при большем токе лампочка перегорает. Для измерения больших токов включают несколько лампочек параллельно. В этом случае по степени накала одной из ламп определяют примерно силу тока, проходящую через нее и, помножая эту силу тока на число ламп, получают общую силу тока.

Более чувствительным индикатором является лампа ПТ-2 („Микро").

Индикатором токов высокой частоты может служить также гальванометр или миллиамперметр, включаемый через детектор в цепь катушки, индуктивно связанной с контуром высокой частоты (рис. 185).

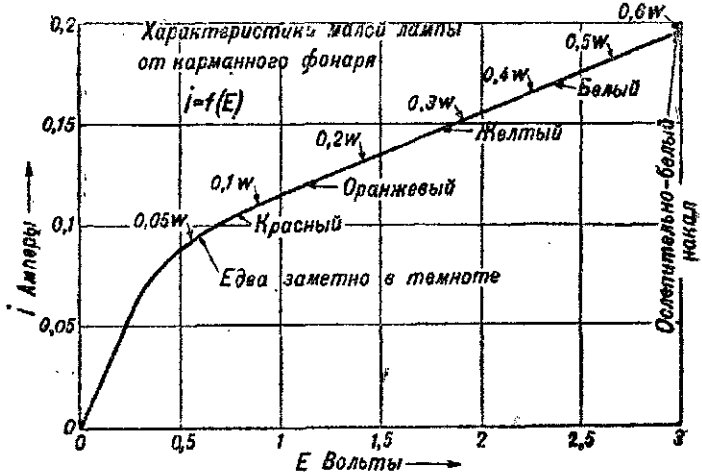


Рис. 184. Кривая зависимости накала лампочки карманного фонаря от протекающего через нее тока

В волномерах в качестве индикаторов применяют часто неоновые лампы. Так как неоновая лампа для своего зажигания требует определенного напряжения, она может применяться и в качестве индикатора напряжения.

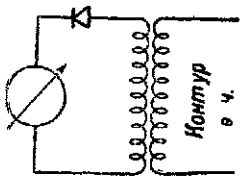


Рис. 185. Гальванометр с детектором в качестве индикатора колебаний высокой частоты

Основное применение индикаторы находят при любительских измерениях тока в антенне и в контурах передатчика, в волномерах и при настройке отдельных каскадов передатчика.

Лампочки накаливания включаются в антенну последовательно (рис. 186 А). Если ток в антенне велик и может пережечь лампочку, следует зашунтировать ее куском провода (рис. 186 Б). Для определения наличия колебаний и настройки в резонанс контуров передатчика индикатор обычно связывают с контуром индуктивно с помощью катушки в 1—3 витка (рис. 186 В).

Неоновая лампа включается в антенну одним полюсом, а другой полюс ее соединяется с металлической пластиной для создания емкости (рис. 186 Г). Такое включение пригодно лишь для антенн с питанием бегущей волной, у которых в фидерах напряжение значительно.

При включении неоновой лампы в пучность тока никакого свечения конечно не будет. Неоновую лампу можно приключить по способу рис. 186 Г где-нибудь к излучающей части антенны в пучности напряжения (на конце провода). Тогда вечером и

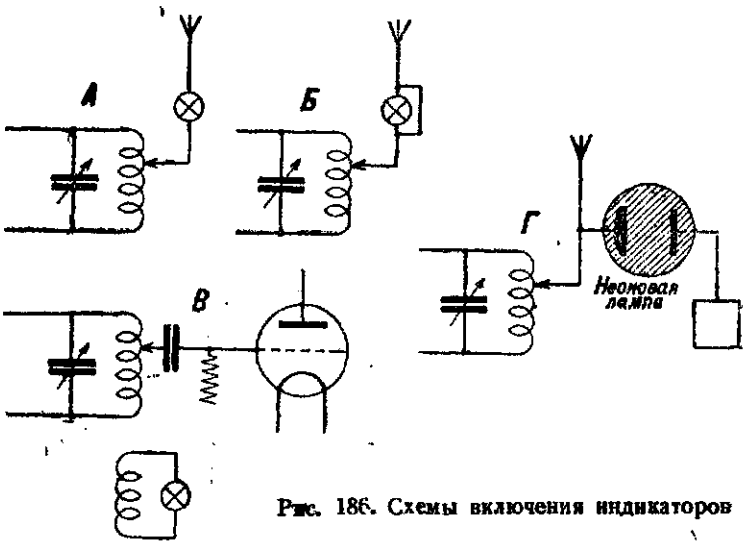


Рис. 186. Схемы включения индикаторов

ночью можно будет настраивать антенну на максимум излучения, по свечению этой лампы. При работе ключом в индикаторе будет получаться мигающий свет. Для настройки контуров неоновая лампа включается так же, как и лампочка накаливания, по схеме рис. 186 В. Включение индикаторов в волномерах указано дальше.

Индикаторы при работе передатчика поглощают сравнительно много энергии. Во избежание этого по окончании настройки передатчика и производства необходимых измерений, индикаторы следует закоротить или выключить.

9. Измерение мощности передатчика

В передатчиках легче всего может быть измерена мощность, расходуемая источником анодного тока на каскад или передатчик (подводимая мощность). Так как эта мощность измеряется наиболее просто, любители характеризуют обычно мощность своего передатчика подводимой мощностью.

Труднее измерить мощность высокой частоты в колебательных контурах передатчика.

Для определения мощности, расходуемой источником тока в цепи анода лампы или передатчика, измеряется напряжение U_a

источника анодного тока и сила тока I_a, текущая в цепи анода измеряемой лампы.

Тогда мощность:

$$P_a = U_a \cdot I_a \text{ вт},$$

где U_a — напряжение источника питания анода в вольтах, а I_a — ток анода в амперах.

Колебательная мощность передатчика может быть измерена несколькими способами.

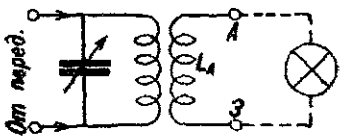


Рис. 187. Включение ламп накаливания вместо антенны для определения мощности колебаний высокой частоты

а) **С помощью ламп накаливания.** Между зажимами антенны и противовеса (рис. 187) включаются лампы накаливания различных мощностей. Мощность ламп подбирается таким образом, чтобы при работе передатчика они горели полным светом. При полном накале лампа расходует такую мощность, какая указана на ее цоколе и, следовательно, такой же величины будет и колебательная мощность передатчика. Этот способ дает лишь приблизительные результаты.

б) **Фотометрический** способ определения колебательной мощности более точен. Принципиальная схема его показана на рис. 188. Лампа *А*, накаливаемая током радиочастоты, и лампа *Б*, однотипная с ней по мощности и накаливаемая от постороннего

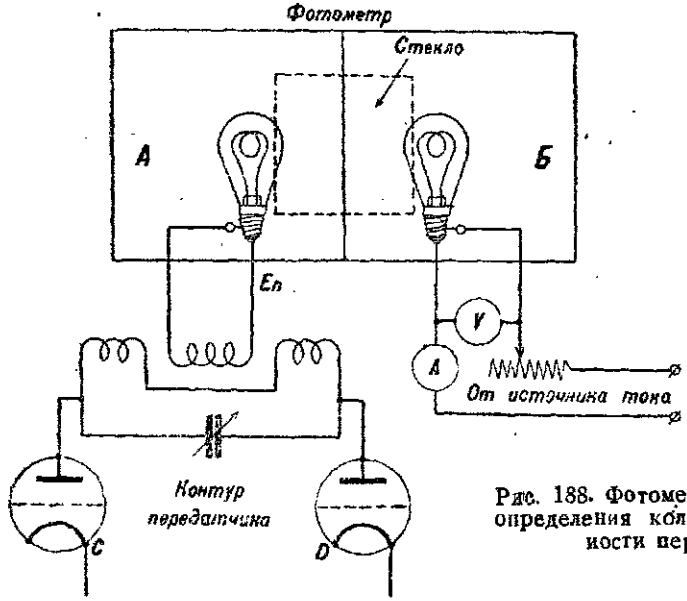


Рис. 188. Фотометрический способ определения колебательной мощности передатчика

источника тока, помещаются в фотометр, представляющий собой ящик из двух камер, в передней стенке которого укреплено матовое стекло. Стекло внутренней поперечной перегородкой делится на две половины, так что одна половина стекла освещается одной лампой, а другая—другой. Лампы располагаются внутри ящика симметрично, чтобы при одинаковом накале они давали одинаковую освещенность обеих половинок стекла.

Регулировкой реостатом накала лампы *Б* добиваются одинаковой освещенности обеих половинок стекла фотометра, при которой мощности, расходуемые в обеих лампах, будут одинаковыми. Колебательная мощность передатчика будет тогда равна мощности, расходуемой на накал лампы *Б*, которая измеряется амперметром и вольтметром.

10. Волномеры

Волномеры (частотомеры) применяются для измерения длины волны (частоты) передатчика или принимаемой станции и по своей конструкции разделяются на:

1) резонансные волномеры;
2) ламповые волномеры-гетеродины.

Волномеры первой группы состоят из колебательного контура и индикатора; работа их основана на том, что при резонансе колебательный контур волномера отсасывает максимум энергии и при измерении волны передатчика заставляет ярко вспыхнуть лампочку индикатора, а при измерении волны приемника—срывает генерацию в последнем.

Волномеры-гетеродины представляют собой маломощные одноламповые (в большинстве случаев) генераторы, имеющие градуировку по длинам волн или по частотам, и используемые в качестве передатчика для измерения длины волны в приемнике и, наоборот, в качестве приемника при измерении длины волны передатчика. В обоих случаях измерение волны основано на явлении биений двух незатухающих колебаний. Любительские волномеры дают точность измерений до 1%.

Резонансный волномер представляет собой колебательный контур (из катушки самоиндукции и переменного конденсатора) с индикатором резонанса, служащим для определения момента настройки волномера в резонанс с частотой измеряемых колебаний.

Индикаторами в волномере могут служить лампочка накаливания, тепловой прибор и неоновые лампы, телефоны с детектором и т. п.

Наиболее простым индикатором является лампа от карманного фонаря, включаемая в контур, как показано на рис. 189 А. При наступлении резонанса индикатор горит наиболее ярко. По этой же схеме включается тепловой прибор.

Неоновая лампа должна включаться в контур параллельно с

конденсатором (рис. 189 Б). Она берет на себя сравнительно мало энергии и вносит в контур незначительное затухание, поэтому настройка контура волномера получается более острой, чем при применении в качестве индикатора лампочки накаливания. Включение детектора с телефоном или гальванометром показано на рис. 189 В.

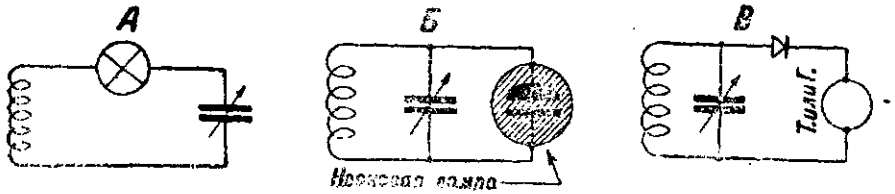


Рис. 189. Включение индикаторов в резонансный волномер

Для перекрытия всего коротковолнового диапазона в волномере приходится применять несколько сменных катушек. Для более точной градуировки любительских диапазонов нужно иметь в контуре волномера небольшую емкость, но вместе с тем часто желательно, чтобы волномер имел градуировку по всему коротковолновому диапазону, например, для определения длины волны телефонных вещательных станций. Поэтому удобнее всего сделать волномер по схеме рис. 190 (на ней не показан индикатор), в которой конденсатор C имеет емкость 250 *см*, а C_1 всего 30—50 *см*. Катушки L должны быть подобраны так, чтобы при включенном C_1 получилась настройка на любительский диапазон в пределах шкалы конденсатора C. Настройка на волны между любительскими диапазонами производится при замкнутом накоротко C_1.

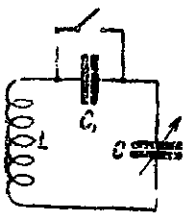


Рис. 190. Схема резонансного волномера на широкий диапазон

Катушки для волномера делаются однослойными цилиндрическими с тугой намоткой и хорошим закреплением витков. Провод лучше брать изолированный толщиной 0,8—1,2 *мм*. Диаметр катушек удобен в 50 *мм*, но при желании можно сделать более компактные катушки на цоколях диаметром 38 *мм*. Примерные данные катушек волномера для схемы рис. 190 с указанными в ней емкостями конденсаторов ($C_1 = 40$ *см* и $C = 250$ *см*) приведены в табл. 18.

Таблица 18

№ катушки	Любительский диапазон при включенном C_1 *м*	Диапазон при замкнутом C_1 *м*	Число витков	Диаметр провода без изоляц. *мм*	Диаметр провода с изоляц. *мм*
1	10	11 ÷ 30	5	1,2	2
2	20	23 ÷ 60	9	0,8	1,0
3	40	45 ÷ 110	17	0,6	0,8
4	80	90 ÷ 200	30	0,5	0,7
5	160	180 ÷ 380	55	0,35	0,45

Диаметр всех катушек 50 *мм*. Намотка должна быть распределена на длине 25 *мм*.

Ламповые волномеры применяются для измерения длины волны приемников и передатчиков. Кроме того ламповый волномер можно использовать в качестве **монитора**, т. е. прибора для контроля на слух качества тона и стабильности частоты передатчика. Практически ламповый волномер—монитор является обычным однолампoвым регенератором. Его желательно смонтировать в металлическом ящике. Для измерения волны или градуировки приемника ламповый волномер работает в режиме генерации и представляет собою маломощный передатчик. Его можно принять на приемник, работающий тоже в режиме генерации. При близком совпадении частот приемника и волномера в телефоне приемника будут слышны биения звуковой частоты. Точный резонанс будет на „нулевых биениях". Настройку приемника нужно знать ориентировочно, чтобы не спутать прием основной частоты волномера с его гармониками.

При измерении волны передатчика волномер-монитор должен работать, как приемник, и в его анодную цепь включается телефон. Однако прием передатчика на основной частоте даже при экранировке волномера и удалении его от передатчика будет очень сильным и настройка получается расплывчатой—не удается точно установить нулевые биения в волномере. Поэтому для более точных измерений нужно принимать передатчик на какой-либо гармонике монитора. Например, если передатчик работает на волне 42 *м*, то монитор следует настроить на 84 *м*, или 126 *м* или 168 *м* или даже на еще более длинную волну. Тогда передатчик принимается гораздо слабее, как будто он удален на большом расстоянии от монитора. Благодаря этому тон передатчика прослушивается хорошо и можно точно установить нулевые биения. Градуировку монитора-волномера на волнах от 80 до 200 *м* можно сделать по эталонному волномеру в какой-либо лаборатории или по приему станций, работающих на известных волнах. Хорошую градуировку можно сделать, принимая гармоники местной радиовещательной станции, но здесь нужно соблюдать осторожность, чтобы не спутать номера гармоник.

Кроме того можно монитор сделать на диапазон волн 200—300 *м* и отградуировать его на приеме радиовещательных станций этого диапазона, волны которых печатаются в журналах.

Подобным способом можно получить весьма точное определение волны передатчика. Если он работает, например, в 20-метровом диапазоне и биения в мониторе получаются на волне 288,6 *м*, соответствующей волне радиовещательной станции, то очевидно, что передатчик принимается на 14-й гармонике монитора. Значит волна передатчика будет точно равна $288{,}6 : 14 = 20{,}61$ *м*.

Ламповый волномер-монитор должен работать возможно устойчивее. Лучше всего работают мониторы с экранированной

ламной, построенные, например, по схеме Доу. Питание монитора-волномера желательно иметь от батареи. В случае питания от сети желательно иметь регулировку постоянства режима питания.

Простейшая схема лампового волномера с емкостной связью и параллельным питанием дана на рис. 191. Преимущество этой схемы заключается в возможности быстро и просто превратить обыкновенный резонансный волномер в ламповый. Для этого резонансный контур приключается к ламповой схеме, как показано на рис. 191 пунктиром.

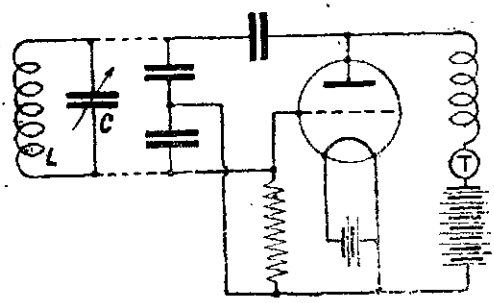


Рис. 191. Простейшая схема лампового волномера

На рис. 192 А и Б показаны схемы современных волномеров - мониторов на экранированных лампах с питанием от переменного тока (*А*) и от постоянного тока (*Б*). Схема рис. 192 А работает на лампе СО-124, а схема Б на лампе СБ-112.

Конструктивные размеры катушек можно взять из главы IV о приемниках или из таблицы 18 катушек резонансного волномера, приведенной выше. Конденсатор C_1 удобно взять в 250 *см* и последовательно с ним включать постоянный конденсатор в 30÷50 *см*, как это было указано на рис. 190 для резонансного волномера. Тогда будет удобно проходить любительские диапазоны на малой емкости контура.

Приведенные схемы волномеров-гетеродинов дают в режиме генерации много гармоник. Поэтому можно ограничиться лишь катушками № 4 и № 5 из таблицы 18 на волны от 80 *м* и выше. В диапазонах 10 *м*, 20 *м*, 40 *м* волномер будет давать сильные гармоники, которые легко принять на приемник.

Мелкие детали в схемах рис. 192 А и Б имеют данные: $C_2 = 200$ *см*; $C_3 = 5\,000$ *см*; $R_1 = 0{,}2 \div 0{,}5$ *мгом*; $R_2 = 80\,000$ *ом*, $R_3 = 40\,000$ *ом*; $Др_1$—дроссель в 160 витков ПШД 0,2 на трубке диаметром 2 *см*, $Др_2$—такой же дроссель, но из провода диаметром 0,5 *мм*, $C_4 = 10 \div 20$ *см*. Этот конденсатор служит для емкостной связи волномера с приемником, что бывает нужно на более высоких гармониках, когда связь становится недостаточной. Отвод от катушки L на катод делается, как в обычных приемных или генераторных схемах Доу, примерно от $\frac{1}{10}$ витков катушки.

Волномер-гетеродин можно применить для настройки контуров промежуточной частоты супергетеродина. Если промежу-

точная частота выбрана длиннее 380 *м*, то надо намотать еще одну катушку в 90÷100 витков, которая расширит диапазон волномера до 750÷800 *м*.

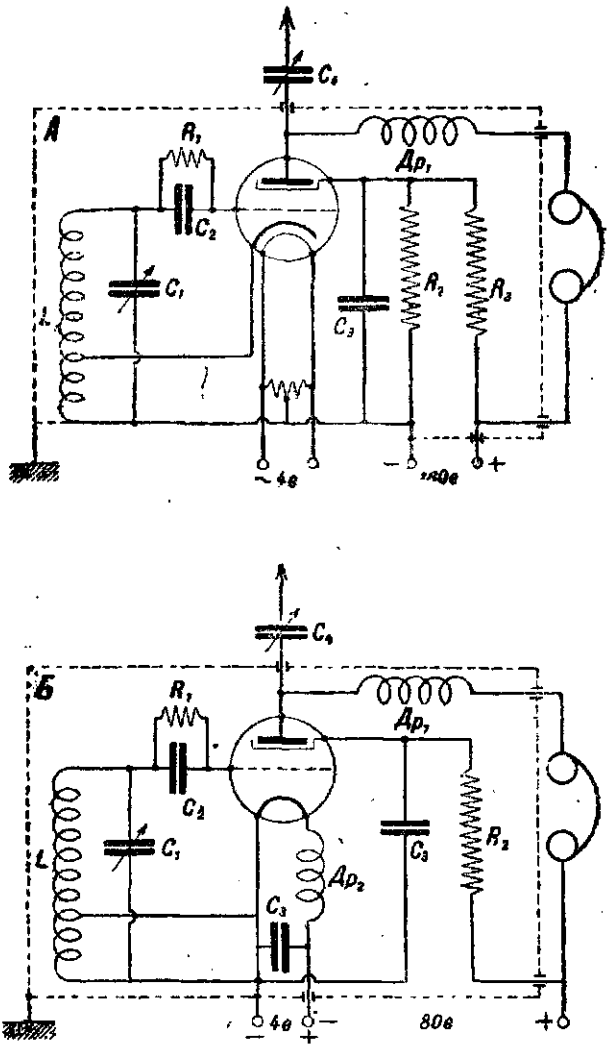


Рис. 192. Две схемы современных волномеров-мониторов

11. Градуировка волномера

Наиболее простой способ градуировки волномера заключается в сравнивании его с уже отградуированным волномером—эталонным.

От передатчика отключают антенну и противовес, включают вместо них соответствующую лампочку накаливания (рис. 187) и заставляют его генерировать. Частота колебаний передатчика измеряется градуированным волномером-эталоном. Затем, не изменяя настройки передатчика, к его контуру подносится градуируемый волномер и производится настройка последнего. В таблицу записывают полученную длину волны эталонного волномера и соответствующее ей деление шкалы градуируемого волномера.

После того, как такой промер сделан, изменяют несколько положение конденсатора передатчика и вновь производят описанные выше измерения. Такие измерения производят несколько раз, чтобы получить ряд точек для построения кривой настройки волномера, или кривой градуировки. Каждому делению шкалы градуируемого волномера будет соответствовать вполне определенная длина волны (или частота) эталонного волномера.

Градуировка волномера может быть произведена и без волномера эталона, а лишь по принимаемым на приемник правительственным телеграфным или телефонным станциям, работающим на фиксированных волнах.

Приемник настраивается на какую-либо телеграфную станцию. По позывному этой станции можно по специальным таблицам определить длину ее волны. Для градуировки волномера подносят катушку волномера к антенной катушке приемника и добиваются получения слабой между катушками связи. Затем вращением ручки конденсатора волномера добиваются резкого ослабления громкости принимаемой станции. То деление конденсатора волномера, при котором получилось наибольшее ослабление приема, как раз и будет соответствовать настройке на волну принятой радиостанции. Деление конденсатора волномера и соответствующую ему длину волны записывают в таблицу.

После этого принимают вторую, третью и т. д. станции и получают ряд точек для градуировки.

Когда определены длины волн, соответствующие различным делениям шкалы конденсатора волномера, строят график настройки волномера. Если волномер имеет несколько сменных катушек, то градуировка делается для каждой из катушек. Примерный вид графика волномера приведен на рис. 193.

Для построения графика по горизонтальной оси откладывают градусы настройки конденсатора, а по вертикальной — длины волн. Построение производится на клетчатой или еще лучше—на миллиметровой бумаге. Предположим, что станция имела длину волны 42 *м*, чему соответствует 14° конденсатора. Тогда на горизонтальной оси находим 14-е деление и проводим через него вертикальную линию. По вертикальной оси находим деление соответствующее 42 *м*, и через него проводим горизонтальную линию. На месте пересечения обеих линий наносим точку. Таким же образом находят точки и для других положений конден-

сатора. Через все полученные таким образом точки проводим плавную кривую линию, которая и будет кривой настройки или графиком волномера.

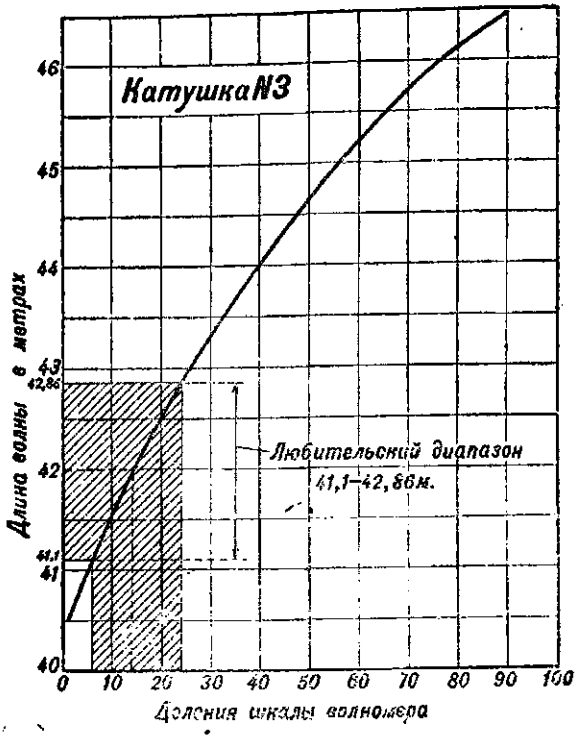


Рис. 193. График волномера

12. Измерение волны передатчика

Для измерения волны передатчика катушку волномера подносят к его контуру так, чтобы получилась слабая индуктивная связь. Вращая ручку конденсатора волномера, наблюдают момент, когда вспыхнет лампочка-индикатор. Поворотом ручки конденсатора в ту или другую сторону добиваются такого положения, при котором индикаторная лампа загорится с наибольшей яркостью. При этом положении ручки конденсатора волномер и будет настроен в резонанс с колебаниями передатчика. Отсчитывая градусы конденсатора по кривой градуировки волномера (которой нормально снабжается каждый волномер), определяем длину волны передатчика.

Определив таким образом длину волны для разных положений конденсатора настройки передатчика, можно по полученным величинам построить кривую настройки передатчика, т. е. отгра-

дуировать последний. Для графика настройки на клетчатой бумаге по горизонтали откладывают градусы конденсатора, а по вертикали—соответствующие им длины волн.

13. Измерение волны принимаемой станции

Когда приемник настроен на станцию, длину волны которой нужно измерить, подносят к антенной катушке приемника катушку волномера и добиваются подстройкой конденсаторов приемника наиболее громкого приема. Затем изменяют плавно настройку волномера. При некотором положении конденсатора настройки волномера прием или пропадает совершенно, или сильно ослабнет. Тогда, приближая или отдаляя катушку волномера от катушки приемника и одновременно вращая конденсатор его настройки, добиваются, чтобы пропадание станции происходило на возможно меньшем участке шкалы конденсатора волномера. Момент наибольшего ослабления принимаемой станции и будет соответствовать моменту резонанса.

Пользуясь кривой градуировки волномера, определяют длину волны принимаемой станции.

Глава IX

ПИТАНИЕ

1. Общие требования к источникам питания

В питании приемника и передатчика нет принципиальной разницы. Как тот, так и другой требуют отдельных источников тока для питания цепей накала и цепей анода.

Однако источники тока, предназначаемые для питания передатчиков, отличаются от источников питания приемников как по своему напряжению, так и по мощности.

Приемник требует для цепей накала источники тока с напряжением в 2 или 4 *в* и с расходом тока, не превышающем при лампах с прямым накалом нити десятых долей ампера, а при подогревных лампах—$2 \div 3$ *а*. В передатчиках такие источники тока применимы лишь при незначительных его мощностях. Но уже при мощностях в 20 и выше ватт источник тока должен давать напряжение в 6, 12 и даже 18 *в*, при расходе тока в несколько ампер.

То же относится к источникам для питания анодных цепей. Для любительского приемника на короткие волны нужно напряжение в $120 \div 160$ *в*; расход тока при этом составляет не больше $10 \div 20$ *ма* (при отсутствии мощного выхода). Для питания же передатчика мощностью 5 *вт* и больше приходится брать источники на 250, 400 и больше вольт. Необходимые для разных ламп

анодные напряжения даны в таблицах 6 и 7 в главе III (стр. 38 и 39).

Источник тока для питания накала и анода должен прежде всего быть дешевым и простым в эксплоатации. В этом отношении самым выгодным является использование местных электрических сетей как постоянного, так и переменного тока.

Следующим условием, пред'являемым к источнику тока, является постоянство даваемого им напряжения, так как в противном случае радиоаппаратура будет работать неустойчиво.

Не менее важное требование—это почти полное отсутствие пульсаций в источниках, предназначенных для питания анодных цепей в особенности приемников и телефонных передатчиков. Однако и у передатчиков, предназначенных исключительно для телеграфной работы, с увеличением пульсации ухудшается тон сигналов.

При питании передвижек приходится обращать особое внимание на вес и габариты источников тока. Элементы и малоемкостные аккумуляторы составляют обычно 70÷80% от общего веса передвижки.

В любительских устройствах применяются следующие источники питания:

1) гальванические элементы и батареи;
2) аккумуляторы;
3) электрические сети постоянного и переменного тока;
4) выпрямители.

Питание от гальванических элементов и батарей является самым дорогим и применяется для маломощных передвижек и приемников.

Аккумуляторы применимы для питания накала приемников на лампах с непосредственным накалом нити и для питания анодных цепей приемников. Применение аккумуляторов для питания передатчиков невыгодно и поэтому применяются они в этом случае крайне редко.

Электрические сети постоянного и переменного тока применяются для питания накала приемников и передатчиков. Сеть постоянного тока может быть также использована и для питания анодных цепей приемников и маломощных передатчиков.

Выпрямители переменного тока являются основным и наиболее распространенным источником питания анодных цепей передатчиков и коротковолновых приемников.

2. Гальванические элементы

В радиолюбительских установках наиболее часто применяются гальванические элементы Лекланше. Элемент Лекланше состоит из двух пластин—электродов, помещенных в электролит. Материалом для одного электрода служит цинк, а для второго уголь или медь. Вследствие химических реакций, возникающих между

электролитом и цинком, на последнем скапливаются отрицательные заряды, а положительные заряды из электролита собираются на другом электроде.

Когда элемент не замкнут на внешнюю цепь, химическое взаимодействие между электролитом и цинковой пластиной весьма слабо и цинковая пластина почти не расходуется. Наоборот, когда элемент замкнут на внешнюю цепь, химическое взаимодействие усиливается и элемент дает электрический ток до тех пор, пока в нем не истощится запас химической энергии. Последнее наступит, когда отрицательная пластина растворится в электролите.

Химическое взаимодействие внутри элемента частично происходит и в то время, когда элемент не включен в работу. Вследствие этого расходование цинкового электрода происходит и при разомкнутой внешней цепи. Это явление называется **саморазрядом.** Если источник тока будет храниться долго без работы, то может случиться, что вся энергия элемента израсходуется на саморазряд и элемент придет в полную негодность.

При химическом взаимодействии цинка с электролитом выделяется водород, который переносится к положительному полюсу и оседает на нем в виде мельчайших пузырьков, образующих газовую пленку. Поверхность соприкосновения электролита с электродом вследствие этого уменьшается и внутреннее сопротивление элемента увеличивается. Э.д.с. элемента сперва уменьшается, а затем и совсем исчезает, и источник тока перестает работать. Такое явление называется **поляризацией.**

Во избежание поляризации положительный электрод окружают слоем химического вещества, обильно содержащего кислород. Тогда водород, осаждающийся на электроде, соединяется с кислородом этого вещества и образует воду, благодаря чему поверхность электрода остается свободной от газовой пленки и внутреннее сопротивление элемента не увеличивается. В качестве таких деполяризующих веществ применяется главным образом перекись марганца. Она смешивается с углем и плотно утрамбовывается в мешечки, окружающие положительный электрод.

За последнее время получили широкое распространение элементы, в которых деполяризующим веществом служит воздух. Работа этих элементов основана на способности ряда веществ поглощать большое количество газов. Одним из таких веществ является уголь. С помощью специальной обработки поглощающую способность угля можно еще повысить. Если для гальванического элемента изготовить анод из такого угля, то элемент почти не будет поляризироваться, так как кислород воздуха, поглощенного углем, будет окислять водород, выделяющийся на аноде при работе элемента.

Подобные гальванические элементы носят название **элементов воздушной деполяризации** (ВД). Они могут безотказно работать продолжительное время и изготавливаются емкостью до сотен ампер-часов.

Элемент с жидким электролитом обычно называют „мокрым" элементом. Его применение ограничивается стационарной обстановкой.

Кроме мокрого элемента существуют еще два типа: сухой и водоналивной.

В **сухом элементе** электролит находится не в виде жидкости, а в виде кашеобразной массы. Она представляет собой жидкий электролит, смешанный с мукой, крахмалом и другими веществами. Сухой элемент подвержен в весьма сильной степени саморазряду.

В водоналивном элементе электролит имеется в виде сухой соли. Элемент дает электрическую энергию только после заливки его водой, когда соль растворится в воде. До заливки водоналивной элемент не дает саморазряда и может в сухом месте храниться неограниченное время, не подвергаясь порче.

Э.д.с. всех элементов Лекланше в начале их работы от 1,45 до 1,55 *в*, в среднем 1,5 *в*.

Для получения напряжений, больших 1,5 *в*, отдельные элементы соединяются в батарею.

Для питания анодных цепей составляются батареи на 45 и 80 *в*, для чего элементы соединяются последовательно по 32 и 60 штук. Для накала ламп отдельные элементы соединяются в батарею по 3—4 элемента.

Данные элементов и батарей, выпускаемых заводом „Мосэлемент", приведены в таблице 19 (стр. 192).

3. Аккумуляторы

Аккумуляторы разделяются на две основные группы: на кислотные и щелочные аккумуляторы. Материалом пластин в первых служит свинец и соли свинца; во вторых же масса пластин состоит главным образом из окиси никеля и окиси железа. Кислотные аккумуляторы называются также свинцовыми, а щелочные — железно-никелевыми.

Свинцовые аккумуляторы. На рис. 194 показаны части пластин современных свинцовых аккумуляторов. Положительные пластины делаются с глубокими бороздками для увеличения рабочей поверхности. Отрицательные пластины представляют собой свинцовую решетку, в которую вмазана окись свинца.

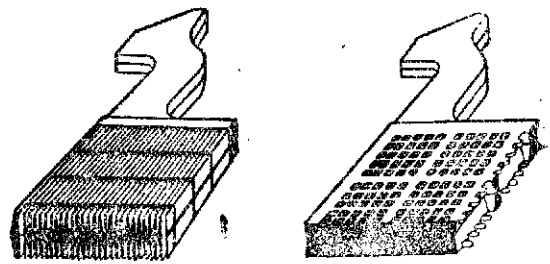


Рис. 194. Части пластин свинцовых аккумуляторов

Окись свинца при первой же зарядке превращается в рыхлый свинец.

Таблица 19

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Наименование	Марка	Размеры в *мм*			Емкость элемента *а/ч* (ориент.)	Напряжение *в*
		длина	ширина	высота		
1. Сухой элемент	1С	32	32	75	3	1,5
2. „ „	2С	40	40	90	6,0	1,5
3. „ „	3С	55	55	125	23,0	1,5
4. „ „	4С	80	40	175	40,0	1,5
5. „ „	5КС	70	70	155	36,0	1,5
6. Анодная батарея . . .	БАС-80-1	220	130	75	0,5	80
7. „ „	БАС-45-1	170	86	75	0,5	50
8. Водоналивной элемент .	1В	32	32	75	1,5	1,5
9. „ „ .	2В	40	40	90	5,0	1,5
10. „ „ .	3В	55	55	125	20,0	1,5
11. „ „	4В	80	40	175	40,0	1,5
12. „ „	КВ	70	70	155	36,0	1,5
13. Анодная батарея . . .	БАВ-50	—	—	—	1,5—2	50
14. Мокрый элемент . . .	Геркулес	диам.	105	165	30÷40	1,5
15. Сухой элемент воздушной деполяризации . .	Лекланше	90	45	165	30÷40	1,5
16. Сухой элемент воздушной деполяризации . .	ВДА-400	диам.	150	280	400	1,3

Для увеличения емкости аккумуляторов берут обычно несколько отрицательных и несколько положительных пластин, помещают их в сосуд и одноименные пластины соединяют между собой. Положительных пластин берут всегда на одну меньше чем отрицательных. Пластины располагаются всегда через одну (рис. 195). Для равномерного изнашивания пластины располагаются параллельно — между пластинами помещают стеклянные трубки или эбонитовые палочки. Пластины располагаются так, чтобы между ними и дном оставалось небольшое расстояние. Это делается для того, чтобы выкрашивающиеся из пластин частицы активной массы, собираясь на дне, не могли замкнуть через себя две соседние пластины. Сосуд для аккумуляторов небольших емкостей изготовляется из стекла, эбонита или целлулоида.

Электродвижущая сила аккумулятора, вследствие весьма малого внутреннего сопротивления, почти не отличается от напряжения на его зажимах. Напряжение свинцового аккумулятора равно 2 *в*, независимо от величины пластин и объема электролита. При заряде аккумулятора напряжение постепенно поднимается до 2,7 *в*, по окончании заряда напряжение аккумулятора равно 2,1 *в*, а при начале разряда падает до 2,0 *в*. В конце заряда электролит аккумулятора начинает кипеть, т. е. бурно выделять газы—водород и кислород. Это служит признаком, что активная масса перестала подвергаться химическим воздействиям тока и что ток идет не на химические реакции, а на газообразование.

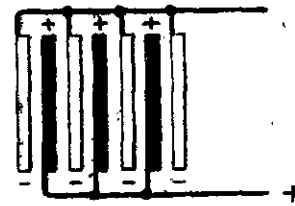


Рис. 195. Расположение пластин в свинцовом аккумуляторе

Во время разряда аккумулятор имеет напряжение сначала 2 *в*, затем оно по мере разряда постепенно падает и может дойти до нуля. Однако ниже 1,8 *в* аккумулятор никогда разряжать не следует, так как при этом на пластинах образуется вредно действующий на них сернокислый свинец.

Сила тока, с которой производится заряд и разряд, указывается обычно на паспорте аккумулятора. Если такого указания на паспорте не имеется, ток заряда берется не выше $^1/_7$—$^1/_8$ от емкости аккумулятора.

Емкость аккумулятора зависит, главным образом, от веса активной массы. Считается, что около 4 *г* губчатого свинца, образующегося на отрицательной пластине, дает емкость в 1 *а/ч*.

Электролитом в свинцовом аккумуляторе является раствор химически чистой серной кислоты в дистиллированной воде. Загрязнение кислоты или воды, а также неправильная концентрация раствора вредно сказывается на работе аккумулятора и может вызвать преждевременное разрушение аккумулятора. Электролит должен иметь удельный вес от 1,17 до 1,20, что соответствует 21÷22° Боме. Точный удельный вес кислоты указывается в паспорте аккумулятора или в инструкции по его обслуживанию.

Для составления электролита следует взять один объем концентрированной серной кислоты, удельным весом 1,84 на 3,5 объема воды. При составлении раствора кислоту следует вливать тонкой струйкой в воду, размешивая одновременно жидкость стеклянной палочкой. Ни в коем случае нельзя лить воду в кислоту, так как при этом происходит разбрызгивание кислоты. При составлении раствора, последний довольно сильно нагревается. Заливать электролит в аккумулятор можно лишь после того, как он окончательно остынет. Заливать аккумулятор надо непосредственно перед самой зарядкой.

Для получения нужного напряжения отдельные банки аккумуляторов соединяют последовательно в батареи.

Аккумулятор накала дает 4 и 6 *в* и обладает емкостью в несколько десятков ампер-часов. Анодные батареи изготовляются на напряжения 20, 40 и 80 *в* и имеют стандартную емкость в 2,5 и 5 *а/ч*.

Ниже мы приводим таблицу (табл. 20) наиболее употребительных типов свинцовых аккумуляторов. Цифры, стоящие перед буквенным обозначением типа, показывают число банок в батарее и дают возможность определить ее напряжение. Для этого надо помножить данную цифру на 2. Буквы указывают тип аккумулятора. Буквы РН обозначают сокращенно «радиобатарея накала», последние две цифры (60, 20, 40 и т. д.) показывают емкость батареи. Буквы РА обозначают «радиобатарея анодная». После буквы Н или А добавляется еще или буква Э (эбонит), или С (стекло), или П (пластмасса). Эти буквы показывают, из какого материала сделаны сосуды элементов.

Таблица 20

АККУМУЛЯТОРНЫЕ БАТАРЕИ

Типы батарей	Материал сосудов	Количество элементов в батарее	Рабочее напряжение батарей (в вольтах)	Нормальная емкость батареи (в ампер-часах)	Предельная сила разрядного и зарядного токов (в амперах)	Предельное напряжение в конце разряда (в вольтах)
РН-60	Эбонит, стекло или пластмасса	1	2	60	6	1,8
2РН-20		2	4	20	2	3,6
2РН-40		2	4	40	4	3,6
2РН-60		2	4	60	6	3,6
2РН-80		2	4	80	8	3,6
45-РА-1,5		45	90	1,5	0,15	81
20-РА-3,0		20	40	3,0	0,30	36
40-РА-3,0		40	80	3,0	0,30	72

Щелочные аккумуляторы имеют положительные пластины с активной массой из окиси никеля и отрицательные—из металлического кадмия и некоторого количества окислов железа. Электролитом в них является 25% раствор едкого калия (уд. вес 1,21). Пластины аккумулятора помещаются в стальные прямоугольные сосуды. В крышке сосудов сделано три отверстия—два для вывода полюсных болтов и третье—для заливки электролита и выпуска газов при зарядке. Среднее рабочее напряжение щелочных аккумуляторов 1,2—1,25 *в* на один элемент. При зарядке напряжение щелочного аккумулятора поднимается до предельного напряжения 1,8 *в*. Разряд начинается при напряжении 1,4 *в*, которое сравнительно быстро падает до 1,25 *в*, после чего посте-

пенно доходит до 1,1 *в*. Дальше напряжение падает довольно быстро. Разряд даже ниже одного вольта не вредит щелочному аккумулятору.

Саморазряд у щелочных аккумуляторов практически отсутствует и они могут долгое время оставаться заряженными.

При сравнении со свинцовыми щелочные аккумуляторы обладают рядом преимуществ. Щелочные аккумуляторы:

1) нечувствительны к тряске и толчкам;
2) переносят без вреда случайное короткое замыкание или большой разрядный ток (выше нормального);
3) могут какое угодно долгое время оставаться в заряженном, разряженном и полузаряженном виде;
4) переносят без вреда перезаряд;
5) не выделяют вредных газов;
6) незначительно расходуют электролит;
7) обладают весьма большим сроком службы.

Уход за щелочными аккумуляторами более прост и безопасен, чем за кислотными аккумуляторами.

В щелочных аккумуляторах электролитом служит раствор химически чистого едкого калия в дистиллированной воде. Раствор этот должен иметь удельный вес 1,21, что соответствует 25° Боме. Электролит должен покрывать пластины слоем не менее чем на 5 *мм*.

Промышленностью выпускаются щелочные аккумуляторы емкостью от 2 до 100 *а/ч*.

Для накала применяются батареи из 4÷5 элементов. Для анодных цепей батареи составляются из 32 или 64 элементов. В обозначениях щелочных аккумуляторов первая цифра указывает на число элементов, входящих в батарею, последняя цифра — емкость аккумулятора в *а/ч*. Данные щелочных аккумуляторов приводятся в табл. 21 (стр. 196). Буквы НКН обозначают: накальный, кадмиево-никелевый, буквы АКН — анодный, кадмиево-никелевый.

4. Питание нитей накала от электрических сетей

Электрические сети постоянного тока могут быть использованы для накала ламп как приемников, так и передатчиков.

Нормально электрические сети постоянного тока имеют напряжение в 110 или 220 *в*, тогда как электронные лампы для своего накала требуют всего от 2 до 10 *в*, поэтому излишнее напряжение приходится гасить в добавочном сопротивлении, что экономически очень невыгодно. В качестве добавочного сопротивления пригодны проволочные реостаты или осветительные лампы (лампы накаливания). Количество последних и число их свечей подбирается с таким расчетом, чтобы через электронные лампы проходил нормальный ток накала.

Для точного подбора напряжения последовательно с лампо-

Таблица 21

ТАБЛИЦА ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Тип аккумулятора	Материал сосуда	Количество элементов в батарее	Номинальное (рабочее) напряжение (в вольтах)	Нормальная емкость (в ампер-часах)	Разрядный ток (в амперах)	Предельное напряжение в конце разряда (в вольтах)
НКН-22	Железо	1	1,25	22	2,75	1
НКН-45	»	1	1,25	45	5,63	1
НКН-60	»	1	1,25	60	7,50	1
4-НКН-45	»	4	5,00	45	5,63	4
4-НКН-60	»	4	5,00	60	7,50	4
Анодные батареи						
АКН-2	»	1	1,25	2,25	0,28	1
32-АКН-2	»	32	40,00	2,25	0,28	32
48-АКН-2	»	48	60,00	2,25	0,28	48
64-АКН-2	»	64	80,00	2,25	0,28	64

вым реостатом рекомендуется включить проволочный реостат на 10÷25 *ом* (рис. 196).

На рис. 197 приведена схема питания накала от сети через потенциометр. Однако эксплоатация потенциометра обходится еще дороже, чем применение реостатов.

При наличии аккумулятора накала на 4—6 *в* целесообразнее накаливать лампы не от сети, а от аккумулятора. Более выгодно питание нитей накала непосредственно от сети при лампах с

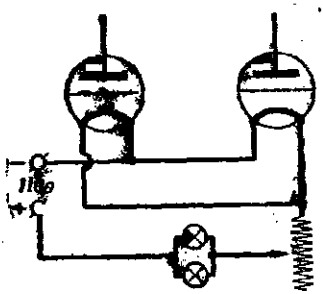


Рис. 196. Параллельное питание нитей накала от сети постоянного тока

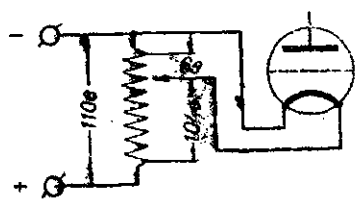


Рис. 197. Схема питания накала от сети через потенциометр

косвенным накалом (подогревных лампах). В этом случае нити включаются последовательно, как показано на рис. 198. Этот способ применим и при наличии сети переменного тока. Однако в последнем случае удобнее применять для питания накала ламп понижающие трансформаторы (рис. 199). Обычно от вто-

ричной обмотки трансформатора выводится средняя точка, которая присоединяется к минусу источника анодного тока и заземляется.

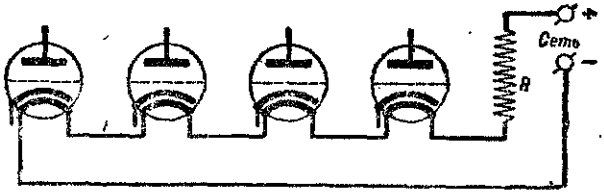


Рис. 198. Питание накала подогревных ламп от сети

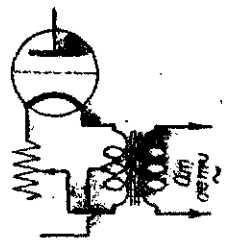


Рис. 199. Питание накала ламп от сети переменного тока через трансформатор

Данные трансформаторов накала на мощности до 10 и 50 *вт* приведены в таблице 22. Однако не трудно рассчитать такой трансформатор и самостоятельно.

Таблица 22

ТРАНСФОРМАТОРЫ НАКАЛА

Мощность	До 10 *вт*		До 50 *вт*		
Напряжение вторичной обмотки *	4 *в*	6 *в*	4 *в*	6 *в*	10 *в*
Сечение железного сердечника в *кв. см* . .	4	4	8	8	8
Число витков первичной обмотки при напряжении сети 110 *в*	2 000	2 000	1 000	1 000	1 000
То же при 220 *в*	4 000	4 000	2 000	2 000	2 000
Число витков вторичной обмотки	76	114	38	57	95
Диаметр провода первичной обмотки при 110 *в* в *мм*	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5
Диаметр провода первичной обмотки при 220 *в* в *мм*	0,18	0,18	0,4	0,4	0,4
Диаметр провода вторичной обмотки в *мм*	1,25	1,0	2,8	2,3	1,8

Сечение железного сердечника трансформатора в *кв. см* можно определить из формулы:

$Q = 1{,}12\sqrt{P}$, где P — мощность накала — произведение силы тока накала ламп в амперах на напряжение в вольтах.

Число витков первичной (сетевой) обмотки трансформатора $n_1 = \frac{73 \cdot E_1}{Q}$, где E_1 — напряжение сети в вольтах, а Q — сечение сердечника в *кв. см*.

* С учетом падения напряжения в обмотках.

Число витков вторичной (накальной) обмотки трансформатора

$$n_2 = \frac{1{,}04 \cdot E_2 \cdot n_1}{E_1}$$

где E_2 — напряжение, необходимое для накала ламп (с учетом падения напряжения в проводах).

Диаметр проводов определяется по формуле:

$$d_1 = 0{,}8\sqrt{I_1} \text{ и } d_2 = 0{,}8\sqrt{I_2},$$

где I_1 и I_2 — токи первичной и вторичной обмоток в амперах.

Для железного сердечника проще всего брать специальное Ш-образное трансформаторное железо Ш-25. Количество листов подбирается с таким расчетом, чтобы в сжатом виде получилось нужное сечение среднего стержня сердечника. Железо Ш-25 пригодно для изготовления сердечников сечением до 25×30 *мм*, т. е. до 7,5 *кв. см*. Для трансформаторов же большей мощности сердечник приходится изготовлять самому либо из специального трансформаторного железа толщиной до 0,25 *мм*, либо, в крайнем случае, из обыкновенного кровельного железа толщиной до 0,3 *мм*.

Катушка для обмотки изготовляется из плотного картона, лучше всего прессшпана. После того, как катушка просохнет, на нее наматывают проволоку. Концы намоток пропускаются через отверстия в щечках катушки. Витки намотки должны плотно и равномерно ложиться рядом друг с другом. После намотки каждого слоя прокладывается один лист тонкой писчей или несколько слоев папиросной бумаги. Между первичной и вторичной обмотками прокладывают несколько слоев плотной бумаги, которую лучше всего предварительно промазать шеллаком.

5. Питание анодов от сетей постоянного тока

Такой способ питания применим только для приемников и маломощных передатчиков на лампах типа УБ-107, УБ-110 и им

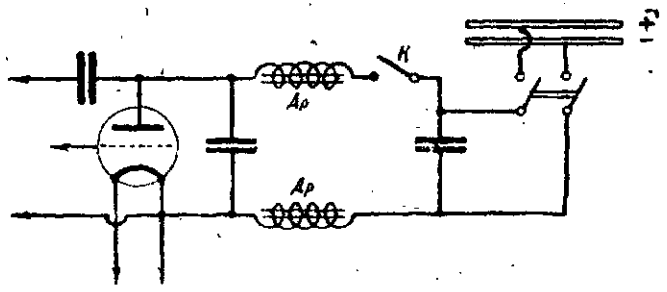


Рис. 200. Питание анодов от сети постоянного тока

подобных, не требующих анодного напряжения, большого напряжения сети.

Для устранения фона и шумов сети применяют фильтр из дросселей *Др* и конденсаторов в 2÷4 *мкф* (рис. 200).

6. Выпрямители

Выпрямители применяются для питания анодов приемников и передатчиков. По своей экономичности выпрямители значительно выгоднее, чем батареи элементов и аккумуляторов. Выпрямители, применяемые для приемников и для передатчиков, отличаются друг от друга лишь тем, что для приемников выпрямители строятся на напряжения в 80, 160 или 240 *в*, тогда как

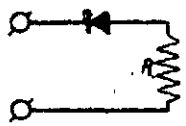


Рис. 201. Схема однополупериодного выпрямления

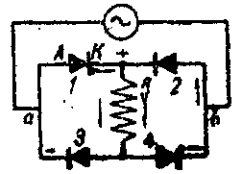


Рис. 203. Схема Греца

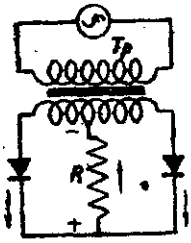


Рис. 202. Схема двухполупериодного выпрямления

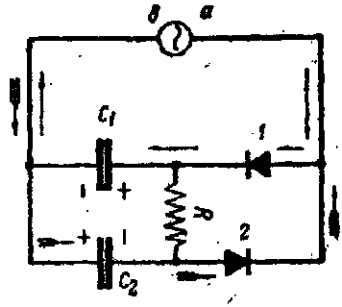


Рис. 204. Схема Латура

для передатчика средней мощности напряжение, даваемое выпрямителем, должно быть порядка нескольких сотен и даже тысяч вольт.

Выпрямляющее устройство состоит обычно из трансформатора, самого выпрямителя и сглаживающего устройства (фильтра).

Выпрямительные устройства для любительских приемников и передатчиков собираются по одной из следующих схем:

1) однополупериодного выпрямления (рис. 201),
2) двухполупериодного выпрямления (рис. 202),
3) мостика (схема Греца) (рис. 203) и
4) Латура (рис. 204).

Наиболее простой является схема однополупериодного выпрямления (рис. 201). Так как выпрямитель (вентиль) пропускает ток только в одном направлении, то ток проходит через нагрузку R в течение лишь одной половины периода и в цепи выпрямителя получается пульсирующий ток (рис. 205 Б).

Вдвое более частый пульсирующий ток получается, если использовать не одну, а обе половины периода. Это достигается применением схемы двухполупериодного выпрямления, изображенной на рис. 202. В этой схеме оба выпрямителя работают попеременно на общую нагрузку, так что за одну половину периода ток пропускается левым выпрямителем, а за другую половину периода—правым и через сопротивление R ток течет в течение всего периода (рис. 205 B).

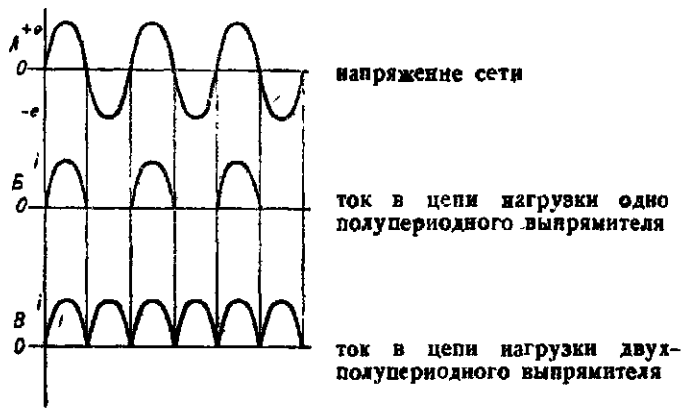


Рис. 205. Токи в цепях нагрузки одно- и двухполупериодного выпрямителя

На рис. 203 приведена схема Греца или мостика. Когда к точке a приложено положительное напряжение, ток потечет в направлении, указанном стрелками через вентиль *1*, сопротивление R и вентиль *4*. В следующий полупериод, когда положительное напряжение приложено к точке b, ток потечет через вентиль *2*, сопротивление R и вентиль *3*. Таким образом ток будет проходить через сопротивление R за обе половины периода в одном направлении. Схема двухполупериодного выпрямления требует трансформатор со средней точкой. При схеме Греца можно обойтись либо вовсе без трансформатора, либо требуется трансформатор без средней точки. Однако при схеме Греца приходится зато применять не менее 4 вентилей.

Схема, позволяющая повышать выпрямляемое напряжение, так называемая схема Латура, приведена на рис. 204. Особенностью схемы является включение двух конденсаторов C_1 и C_2.

Работает схема следующим образом. Когда напряжение на

зажиме *а* источника переменного тока будет иметь положительный знак, ток пройдет через вентиль 1 и зарядит конденсатор C_1 до некоторого напряжения. В следующую половину периода положительное напряжение будет приложено к точке *в*, ток пройдет через вентиль *2* и зарядит конденсатор C_2 до такого же напряжения, как и C_1.

Так как по отношению к нагрузке R оба конденсаторы включены последовательно, то на зажимах нагрузки они будут создавать удвоенное напряжение.

При одном и том же напряжении питающего трансформатора напряжение на выходе выпрямителя будет различным в зависимости от схемы выпрямителя.

Таким же образом будут отличаться между собой и токи, текущие через обмотку трансформатора и через нагрузку после выпрямления.

При однополупериодном выпрямлении выпрямленное напряжение составит не больше 0,45 напряжения на вторичной обмотке трансформатора, при двухполупериодном выпрямлении—0,9. Величина выпрямленного тока будет соответственно не больше 0, 64 и 1,27 тока вторичной обмотки трансформатора.

В действительности напряжение выпрямленного тока будет еще меньше вследствие падения напряжения в выпрямителе и обмотке трансформатора. В хорошем выпрямителе, при правильно подобранной нагрузке, падение напряжения на выпрямителе (включая сюда и сглаживающий фильтр) не должно превышать 10—12%.

В качестве вентилей в любительской радиотехнике применяют:

1) электролитические выпрямители,
2) двухэлектродные лампы (кенотроны),
3) газотроны,
4) механические выпрямители и
5) контактные выпрямители.

Питание анодов приемников и маломощных передатчиков осуществляется обычно от кенотронных и весьма редко от электролитических выпрямителей. Для передатчиков больших мощностей (до 100÷200 *вт*) применяются кенотронные и газотронные выпрямители. Механические и контактные выпрямители находят применение почти исключительно для зарядки аккумуляторов.

7. Электролитические выпрямители

Работа электролитических выпрямителей основана на том, что на одном из двух металлических электродов, опущенных в электролит (рис. 206), получается тонкая пленка окисла, которая обладает способностью проводить ток только в одном направлении.

Наиболее распространен электролитический выпрямитель с одним электродом из алюминия, а другим—из железа или свин-

ка. Ток в выпрямителе проходит свободно от свинца к алюминию и плюс выпрямленного тока получается на алюминиевом электроде. Электролитом служит насыщенный раствор двууглекислой (питьевой) соды. Плотность тока допускается до двух ампер на 100 *кв. см* площади алюминиевого электрода. Так как такой выпрямитель хорошо работает только при напряжениях до 25 *в*, то при бо́льших напряжениях приходится несколько банок электролитического выпрямителя соединять последовательно с таким расчетом, чтобы на каждую банку приходилось напряжение в 20÷25 *в*.

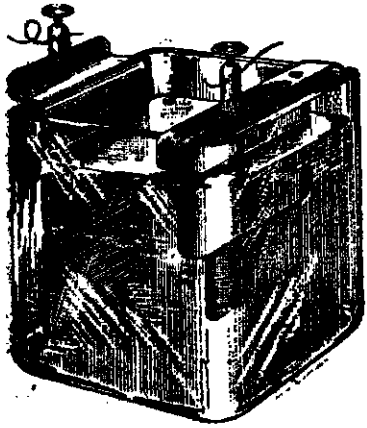


Рис. 206. Электролитический выпрямитель

8. Кенотронные выпрямители

Для питания приемников чаще всего используется схема двухполупериодного выпрямления. Для питания передатчиков мощностью до 50 *вт* применяются как двухполупериодная схема, так и схемы Греца и Латура. Однополупериодные выпрямители применяются редко, так как для сглаживания выпрямленного тока требуют большой фильтр.

В трансформаторах, применяемых в кенотронных выпрямителях, добавляется отдельная обмотка для питания накала кенотрона.

Плюс выпрямленного напряжения получается у катода кенотрона. Если накал кенотрона взять не от специальной обмотки, а от той же обмотки, которая питает накал ламп приемника (или передатчика), то анодная цепь окажется замкнутой накоротко, потому что обмотка накала ламп приемника или передатчика всегда соединяется с минусом источника анодного тока.

На рис. 207 приведены схемы одно (*А*) и двухполупериодного (*Б* и *В*) выпрямления на кенотронах.

В схеме Греца (рис. 208) число кенотронов должно быть увеличено до 4, а при сдвоенных кенотронах (например, ВО-116) до трех, так как только вместо кенотронов *1* и *2* можно взять один сдвоенный. Кроме того требуется еще одна дополнительная обмотка накала на трансформаторе.

Схема Латура (рис. 209) требует также двух отдельных обмоток для накала кенотронов и двух отдельных кенотронов (при сдвоенных кенотронах приходится оба анода каждой лампы соединять накоротко). Рабочий ток и рабочее напряжение кенотронов приведены в таблице 8 на стр. 40 (гл. III).

Напряжение вторичной обмотки трансформатора должно быть взято таким, чтобы покрыть все потери напряжения в выпрями-

ельных лампах и обмотке трансформатора. Потерю напряжения в кенотроне можно определить по его характеристике, выражающей зависимость силы тока, протекающего через лампу, от напряжения на зажимах анод—нить. Так, например, при среднем

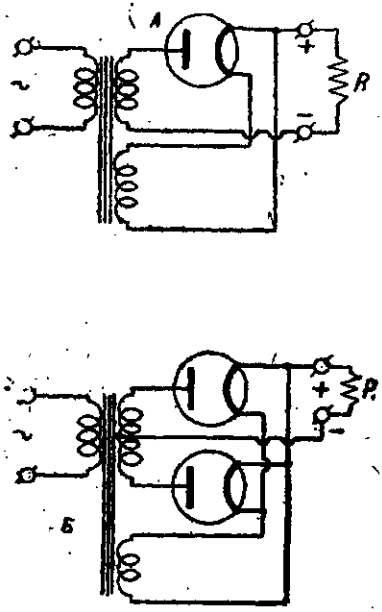


Рис. 207. Схемы однополупериодного (*а*) и двухполупериодных (*б* и *в*) кенотронных выпрямителей

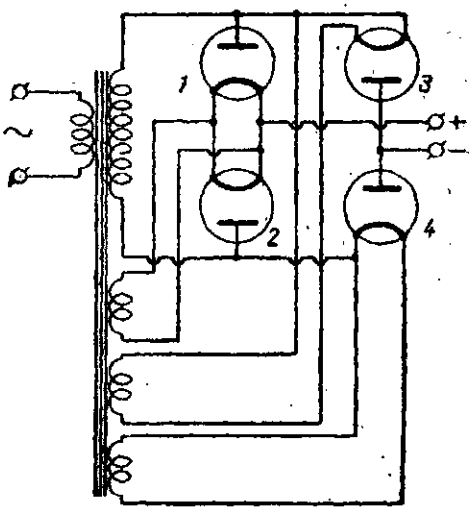


Рис. 208. Кенотронный выпрямитель по схеме Греца

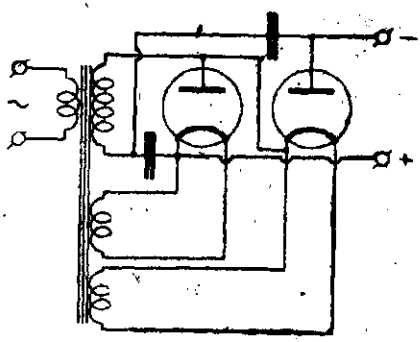


Рис. 209. Кенотронный выпрямитель по схеме Латура

токе в 200 *ма* (рис. 210) среднее падение напряжения в кенотроне будет составлять 65 *в*. Если при этом выпрямитель должен давать 400 *в* выпрямленного напряжения, то общее выпрямленное напряжение составит 465 *в*. Напряжение же на концах об-

мотки трансформатора должно быть 465 *в* : 0,45 = 1030 *в* при однополупериодном выпрямлении и 465 *в* : 0,9 = 520 *в* (напряжение половины обмотки) при двухполупериодном выпрямлении.

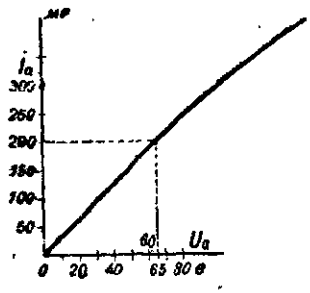


Рис. 210. Характеристика кенотрона

9. Газотронные выпрямители

Конструкция и принцип работы газотронов разобраны в главе III. Газотроны применяются в любой из схем, разработанных для кенотронных выпрямителей.

Типы газотронов, выпускаемые нашей промышленностью, приведены в таблице 9 на стр. 41 (гл. III).

10. Детали выпрямителя

Обычно трансформатор выпрямителя должен также питать накал лампы приемника или передатчика. Такой трансформатор должен иметь следующие обмотки:

1) сетевую (первичную), 2) повышающую обмотку (высокого напряжения), 3) понижающую—для питания накала кенотрона, 4) понижающую—для питания накала приемника или передатчика.

Для двухполупериодных выпрямителей повышающая обмотка делается из двух соединенных между собой обмоток с выведенной средней точкой. Каждая из половин повышающей обмотки рассчитывается на напряжение, необходимое для подачи на кенотрон.

Расчет числа витков и диаметра обмоточного провода производится по формулам, помещенным на стр. 197.

Изготовление трансформатора для выпрямителя ничем не отличается от изготовления трансформатора накала. Необходимо лишь обратить особое внимание на изоляцию между отдельными обмотками. Данные нескольких трансформаторов приведены в таблице 23.

11. Фильтр

Для сглаживания пульсаций выпрямленного тока между выпрямителем и приемником или передатчиком включают специальное сглаживающее устройство, так называемый фильтр.

Простейший фильтр состоит из конденсаторов емкостью в несколько микрофарад, включенных параллельно зажимам выпрямителя. Через емкость этих конденсаторов пройдет часть переменной слагающей пульсирующего тока, не попадая в нагрузку (передатчик или приемник).

Чем больше будет сопротивление нагрузки по сравнению с емкостным сопротивлением конденсатора, тем большая часть пе

Таблица 23

АНОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Мощность трансформатора	10 *вт*		50 *вт*			
Напряжение вторичной обмотки *в*	2×300 *в*	2×500 *в*	2×300 *в*	2×500 *в*	2×750 *в*	2×1 000 *в*
Сечение железного сердечника *кв см*	4	4	8	8	8	8
Число витков первичной обмотки при напряжении сети 110 *в*	2 000	2 000	1 000	1 000	1 000	1 000
То же при 220 *в*	4 000	4 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Число витков вторичной обмотки	2×5 670	2×9 450	2×9 835	2×4 725	2×6 950	2×9 450
Диаметр провода первичной обмотки при напряжении сети 110 *в* — в *мм*	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
То же при 220 *в* в *мм*	0,18	0,18	0,4	0,4	0,4	0,4
Диаметр провода вторичной обмотки в *мм*	0,15	0,12	0,3	0,25	0,2	0,18
Число витков обмотки накала при $U_f = 4$ *в*	76	76	38	38	38	38
Диаметр провода в *мм*	1÷1,25	1÷1,25	1÷1,5	1÷1,5	1÷1,5	1÷1,5
Число витков обмотки накала при $U_f = 6$ *в*	114	114	57	57	57	57
Диаметр провода в *мм*	0,8÷1,0	0,8÷1,0	0,8÷1,5	0,8÷1,5	0,8÷1,5	0,8÷1,5

ременной слагающей пройдет через конденсаторы. Емкостное же сопротивление конденсатора будет тем меньше, чем больше будет его емкость.

Сглаживающее действие фильтра увеличится, если в питающий провод последовательно с нагрузкой включить дроссель (рис. 211), который для переменного тока представляет большое сопротивление, а для постоянного тока—сравнительно малое сопротивление.

Фильтры из дросселей и емкостей бывают: Г-образные, П-образные и Т-образные (рис. 211, *а*, *б*, *в*). Г-образные фильтры применяются редко. Наиболее часто в любительской практике применяются П-образные фильтры.

Часто для лучшего сглаживания две—три П-образные ячейки соединяют между собой последовательно.

Для получения хорошего тона в любительском передатчике с независимым возбуждением, а в особенности с кварцевой стабилизацией можно допустить такую пульсацию, при которой оставшаяся переменная слагающая составляет от 1 до 2% от общего тока ($k=2\%$). В передатчиках, работающих на самовозбуждении, требования к фильтру повышаются, и для того, чтобы

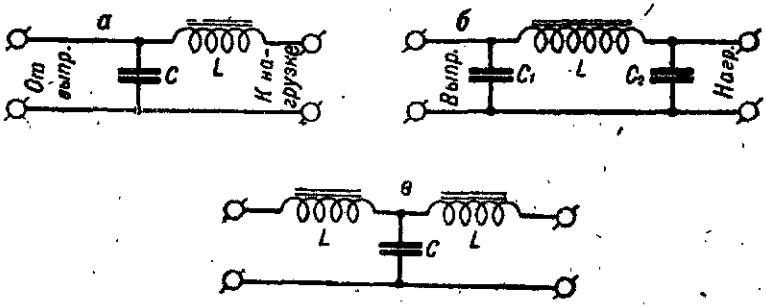


Рис. 211. Сглаживающие фильтры

получить хороший тон, переменная слагающая не должна превышать 0,5—1% от общей величины анодного тока. Наиболее строгие требования предъявляются к фильтрам для питания анодных цепей приемника. Для них k берется порядка 0,05%.

Для приближенного расчета фильтра следует сперва задаться процентом содержания переменной слагающей k и определить L и C фильтра по формуле: $LC=\frac{100}{k}$, где L—самоиндукция дросселя в генри, C—емкость конденсатора в микрофарадах и k—в процентах.

Наивыгоднейшее значение самоиндукции дросселя зависит от силы тока, на которую рассчитывается фильтр, иными словами, от величины нагрузочного сопротивления. Величину нагрузочного сопротивления можно определить по закону Ома, зная анодное напряжение U_a и анодный ток I_a:

$$R_н=\frac{U_a}{I_a}$$

Наиболее выгодная величина самоиндукции L_{opt} может быть определена по формуле:

$$L_{opt}=\frac{R_н}{250}\ гн$$

где $R_н$—сопротивление нагрузки в омах.

Чтобы выпрямитель давал на своем выходе постоянное напряжение, нужно, чтобы он всегда находился под нагрузкой. Когда выпрямитель оказывается без нагрузки (например, в передатчике — при отжатом ключе) напряжение на нем может увеличиться почти в полтора раза. Не говоря уже о возможности пробоя конденсаторов, такое перенапряжение приводит к тому, что в момент нажатия ключа передатчик оказывается под напряжением в 1,5 раза больше нормального, которое в течение некоторого, очень короткого времени спадает до нормального. Вследствие этого телеграфная передача получается неустойчивой с „плачущим" тоном.

Во избежание этого на выходе выпрямителя приключается специальное нагрузочное сопротивление, нагружающее выпрямитель при отжатом ключе. Силу тока в нагрузочном сопротивлении допускают до 5—10% от общего тока в цепи.

В этом случае наивыгодвейшая величина дросселя будет уже иной и подсчитывается по следующей формуле:

$$L_{opt} = \frac{R_н}{1000} \text{ гн}$$

Практическая величина L дросселя выбирается между значениями, полученными для L_{opt} по первой и по второй формулам.

Величина добавочного сопротивления берется в $10 \div 20$ раз больше нагрузочного сопротивления $R_н$.

Дроссель фильтра представляет собой катушку изолированной проволоки, надетой на железный сердечник. Сердечник делается не сплошным, а состоит из двух частей, разделенных между собой воздушным промежутком. Этот воздушный зазор препятствует магнитному насыщению сердечника. На рис. 212 показаны две формы сердечника, применяющегося для дросселей: П-образный с двумя стержнями и Ш-образный с тремя стержнями. В первом случае на каждый стержень надевают по катушке и сечение стержней берется одинаковым. Во втором случае применяется одна катушка, которая помещается на среднем стержне, причем сечение его берется вдвое больше сечения каждого из крайних.

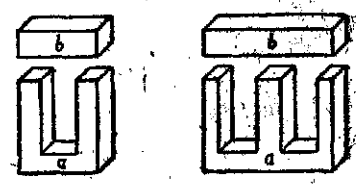


Рис. 212. Сердечники для дросселей фильтра

Сердечник собирается из отдельных листов железа, толщиной не более $^1/_4$ *мм*, оклеенных с одной стороны тонкой бумагой или изолированных лаком во избежание потерь на токи Фуко, и крепко стягивается болтами, чтобы листы плотно прилегали друг к другу, во избежание шума во время работы. Места стыка между основной частью *a* и накладкой *b* необходимо подравнять напильником и подогнать так, чтобы при наложеиной накладке между ними не было заметно просвета.

Обмотка делается из изолированной проволоки, наматываемой на прессшпановую катушку. Проволока наматывается ровными рядами, виток к витку. Через два или три слоя делают прослойку из тонкой бумаги.

В таблице 24 указаны коэфициенты самоиндукции и данные дросселей на разные силы тока, собранные на различном фабричном железе.

Таблица 24

ДАННЫЕ ДРОССЕЛЕЙ С ЖЕЛЕЗНЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

Сила тока *а*	Коэфициент самоиндукции *гн*	Обмотка			Сердечник	
		Диаметр провода в *мм*	Число витков	Сопротивление в *ом*	Сечение в *мм²*	Воздушн. зазор *мм*
0,05	10	0,25	7 600	286	13 × 13	0,8
»	15	»	9 500	381	»	0,8
»	20	»	7 600	355	19 × 19	1,2
»	50	»	14 000	762	»	2,3
»	20	»	5 700	303	25 × 25	1,2
»	50	»	11 000	662	»	2,8
»	100	»	18 000	1 190	»	6,3
»	10	0,3	5 000	169	19 × 19	0,8
»	10	»	3 800	145,5	25 × 25	0,8
»	15	»	4 800	192	»	0,8
»	10	»	1 900	112,5	50 × 50	0,8
»	20	»	2 900	180	»	1,2
»	50	»	5 300	346	»	2,8
»	100	»	8 900	623	50 × 50	6,3
0,25	10	0,45	2 000	53,2	»	0,4
»	20	»	4 000	116	»	7,1
»	10	»	1 300	46	75 × 75	7,1
»	20	»	1 900	70	»	1,2
»	50	»	5 000	201	»	8,3
»	100	»	8 400	365	»	15
0,5	10	0,6	1 840	35,8	»	5,1
»	20	»	3 500	74,0	»	9,5
»	50	»	8 700	212,5	»	20,6
»	100	»	16 700	471,0	»	97,8

Глава X

ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ РАДИОСТАНЦИИ

Любительская коротковолновая приемно-передающая радиостанция представляет собой сочетание приемно-передающей и измерительной аппаратуры, расположенной в определенном порядке и конструктивно целесообразно оформленной.

Вся аппаратура на любительской радиостанции должна быть прежде всего расположена удобно для настройки и обслужива-

ния. Кроме того необходимо размещать аппаратуру так, чтобы свести к минимуму электрические и механические взаимодействия между отдельными частями станции. Так, например, передатчик не следует помещать на одном столе с телеграфным ключом, так как работа на ключе всегда сопровождается сотрясением стола, действующим на передатчик и могущим вызвать неустойчивость волны. Выпрямитель передатчика нельзя помещать близко к приемнику, так как вследствие емкостного или индуктивного взаимодействия на приеме может получиться фон переменного тока.

Наконец, на станции должна существовать возможность удобных и простых переключений с приема на передачу и обратно, а также на контроль или на измерение.

При всем этом необходимо соблюдать технику безопасности, чтобы предохранить от высокого напряжения в передатчике как самого оператора, так и посторонних лиц.

Если передатчик имеет небольшие размеры и смонтирован на горизонтальной или угловой панели, то удобнее всего его поместить на стенной висячей полке. Тогда будут исключены сотрясения передатчика при работе ключем и устранена близость между передатчиком и приемником.

Выпрямитель передатчика в этом случае может помещаться на полу под передатчиком.

Если, однако, передатчик оформлен в виде этажерки или шкафа с полками, то его можно ставить на пол. Во всяком случае не следует устанавливать передатчик на столе, где находится приемник и ключ.

На операторском столе располагается приемник, ключ, монитор, аппаратный журнал, репродуктор, микрофон для телефонной передачи, а также выключатели и переключатели для управления станцией.

При питании приемника постоянным током, батареи могут находиться или на столе, если он достаточных размеров, или под столом. При питании от переменного тока выпрямитель приемника можно расположить на столе, но не слишком близко к самому приемнику, если последний не экранирован железом.

На стене около передатчика принято помещать *QSL* — карточки (квитанции), полученные в подтверждение двухсторонних связей и приема (см. рис. 213 и 214). На операторском столе необходимо иметь также различные справочные материалы: список советских любительских станций, таблицы позывных сигналов различных стран, коды и жаргоны, списки радиовещательных коротковолновых станций и телеграфных станций, работающих на точных волнах.

На операторском столе должны находиться следующие выключатели и переключатели:

Рис. 213. Любительская радиостанция

Рис. 214. Любительская радиостанция

1) Выключатель сети выпрямителя передатчика.

2) Выключатель анодного напряжения передатчика (его лучше всего поместить в провод от средней точки повышающей обмотки).

3) Переключатель антенны для ее переключения на приемник и на передатчик (если антенна общая). При отдельных антеннах для передатчика и приемника этот переключатель не нужен.

При наличии модуляционного устройства для телефонной передачи нужны выключатели питания модулятора и присоединения его к передатчику. Необходимы также выключатель параллельно телеграфному ключу, чтобы можно было замкнуть последний накоротко при телефонной работе и настройке, и выключатель микрофонной цепи.

Приемник должен обязательно иметь выключатель (в цепи накала при питании постоянным током или сетевой выключатель в выпрямителе—при питании от переменного тока).

Для контроля тона и измерения длины волны передатчика с помощью волномера-монитора нужно предусмотреть переключение наушников с приемника на монитор. Последний должен, конечно, иметь свой выключатель для пуска в ход.

Наконец, на случай грозы, необходимо обеспечить заземление антенн с помощью грозовых переключателей.

Ряд переключателей можно объединить общим управлением, как например: переключатель антенны на прием и передачу, выключатель накала приемника (при питании от постоянного тока) и выключатель сети передатчика. Затем можно объединить переключатель наушников на приемник и монитор с выключателем монитора.

Примерная схема переключений при отдельных передающей и приемной антеннах и при работе передатчика только телеграфом, показана на рис. 215. В качестве выключателей рекомендуется применять тумблеры для электроосвещения с мастичными, а не металлическими ручками. При отсутствии таких выключателей можно пользоваться грозовыми или телефонными переключателями.

Для более сложных переключений (например, для наушников) нужно применить джек или сделать сдвоенный переключатель из двух грозовых переключателей.

Включение, настройка и работа станции производятся по следующим правилам.

Для приема необходимо включить только приемник, переключить наушники на него, а также включить антенну грозовым переключателем на прием. Передатчик включается несколько сложнее. Необходимо всегда соблюдать такой порядок включения. Сначала включается сеть питания на накал ламп выпрямителя и передатчика, а затем через несколько секунд можно включить высокое напряжение. Одновременное включение накала

и высокого анодного напряжения гибельно отзывается на лампах. Лампы работают значительно дольше, если включать всегда анодное напряжение после того как нити ламп разогрелись.

После включения питания передатчика следует произвести его настройку без антенны, чтобы не засорять эфир. Затем можно приключить к передатчику антенну, добиваться наибольшей от-

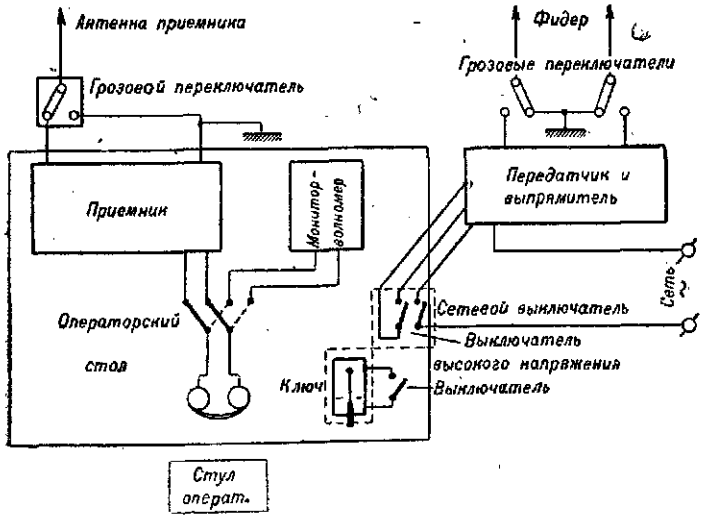


Рис. 215. Схема переключений на любительской радиостанции

дачи мощности в антенну и снова проверить по монитору волну, стабильность и качество тона и нейтрализацию. Кроме монитора при этом нужно, конечно, пользоваться индикаторами тока (лампочками накаливания) и напряжения (неоновая лампа). После окончательной настройки все индикаторы выключаются во избежание лишнего расхода мощности на их горение.

Выключение передатчика производится в обратном порядке: сначала выключается анодное напряжение, а затем сеть (т. е. накал). При работе на *QSO* рекомендуется для поддержания стабильности волны не выключать накал во время слушания, а только снимать анодное напряжение с ламп передатчика. Во время работы на ключе приемник обычно не выключают. Если он имеет подогревные лампы, то их выключать вообще неудобно из-за долгого разогрева. При питании же от постоянного тока можно для экономии выключать накал приемника.

Для возможности непрерывного контроля на слух своих сигналов, необходимо, чтобы монитор работал в течение всего времени передачи. Этот способ более экономен, так как в мониторе имеется лишь одна лампа, и имеет то преимущество перед контролем на приемник, что при нем контролируется не

только работа на ключе, но также и тон и стабильность передатчика.

Особенное внимание необходимо уделить технике безопасности на станции. Наличие высокого анодного напряжения в передатчике опасно и для самого оператора и для посторонних лиц. Поэтому безусловно необходимо защитить чехлами из изоляционного материала все детали станции, находящиеся под высоким напряжением. К ним прежде всего относятся ключ и выключатели сети и анодного напряжения передатчика. Покупные выключатели (осветительные) изолированы обычно надежно. Ключ необходимо поместить в чехол из картона или фибры, сделанный так, чтобы из него выступала лишь ручка ключа. Выпрямитель передатчика желательно поместить в закрытый ящик, имеющий лишь отверстия для вентиляции, или закрыть его чехлом с отверстиями.

В передатчике желательно для безопасности применять параллельное питание, а монтаж его делать таким образом, чтобы высокочастотные детали (контуры, детали цепи сетки) были сверху горизонтальной панели, а детали с высоким напряжением (анодные дроссели, разделительные конденсаторы) были под панелью.

Необходимо также обратить внимание на хорошую изоляцию проводов, соединяющих выпрямитель с передатчиком и с выключателями на операторском столе. Совершенно обязательно применение плавких предохранителей в первичной обмотке силового трансформатора. Тогда при коротком замыкании анодного напряжения, получающегося иногда от пробоя конденсаторов фильтра или разделительных конденсаторов передатчика или от порчи ламп передатчика или кенотронов, не произойдет сгорание трансформатора. В качестве плавких предохранителей можно применить „трубочки Бозе" на 0,5*а* или лампочки от карманного фонаря (ток плавления $0{,}8 \div 1a$) или лампы „Микро" ПТ-2, потерявшие эмиссию (ток плавления 0,4*а*).

Полезно в качестве индикатора высокого напряжения иметь на передатчике неоновую лампу на 120 *в*, включенную последовательно с добавочным сопротивлением (его нужно брать из расчета 10000 *ом* на каждые 100 *в*) на анодное напряжение. Свечение неоновой лампы будет указывать на наличие высокого напряжения.

И, наконец, как правило, обязательно нужно выключать высокое напряжение при различных манипуляциях с передатчиком. При налаживании выпрямителя и манипуляций с ним следует выключать сеть питания.

Лучше лишний раз выключить и включить напряжение, чем подвергнуть себя опасности.

Глава XI

АЗБУКА МОРЗЕ И ОПЕРАТОРСКАЯ РАБОТА

I. Как изучать азбуку Морзе

Изучение беглого приема на слух и передачи азбуки Морзе является делом нелегким, требующим аккуратности, терпения и настойчивости. Однако совершенно ошибочно мнение, что изучение приема на слух невозможно для рядового радиолюбителя, не имеющего возможности заниматься в кружке. Наиболее легким путем для овладения азбукой Морзе является изучение ее в кружке или на курсах под руководством опытного преподавателя. Хорошие результаты дают также специальные курсы азбуки Морзе, проводимые через радиовещательные станции. Но можно, объединившись с товарищем радиолюбителем, изучить вдвоем прием на слух азбуки Морзе. В крайнем случае можно заняться этим делом даже одному.

Азбука Морзе приведена в табл. 25 и 26. Она разбита на отдельные группы, имеющие целью облегчить ее изучение. Ряд букв русского алфавита совпадает по знаку Морзе с аналогичными по произношению буквами латинского алфавита, например, *а, б, в, г, д, е* и другие. Некоторые же буквы не совпадают, как например *ж, ш, ь* и другие. Русская буква *ш* соответствует двум буквам *ch*. Буквы *ч, ю* и *я* соответствуют немецким смягченным буквам *ä, ü* и *ö*. Весьма часто цифру нуль передают сокращенно одним тире вместо пяти.

Знаки препинания полезно запомнить так: точка—три *и*; запятая—три *а*; точка с запятой—три *н*; двоеточие—*ос*; кавычки—два *р*; скобка—два *к*; дробная черта—*нр*, но давать их нужно слитно, так как раздельная подача *нр* означает №; знак начала—*ка* или *нк* (слитно); знак конца—*ар* или *ец* (слитно); знак полного конца—*ск*; повторение—два *и*; ждать—*ас*; ошибка—несколько точек. Постепенное разучивание букв и цифр рекомендуется делать в порядке групп табл. 2.

Однако, ни в коем случае не следует пробовать заучивать отдельные буквы. Нужно последовательно, не спеша, изучать по порядку одну группу букв за другой и обязательно фоническим или звуковым методом, т. е. запомнить буквы при подаче их сигналами от зуммера или звукового генератора, что, конечно, удобнее всего делать вдвоем. Сначала один передает на ключе буквы данной группы, а другой внимательно слушает, стараясь запомнить музыкальный образ или „мотив" каждой буквы, и записывает их на бумаге. Записывать нужно сразу буквами, но ни в коем случае точками и тире. Далее роли обучающихся меняются. При таком методе обучающиеся будут совершенствоваться и в приеме на слух и в работе на ключе.

Серьезное внимание нужно обратить на передачу. Никогда не

Таблица 25

АЗБУКА МОРЗЕ В АЛФАВИТНОМ ПОРЯДКЕ

I. Буквы

Русский алфавит	Латинские буквы	Знак Морзе	Русский алфавит	Латинские буквы	Знак Морзе
А	A	· —	П	P	· — — ·
Б	B	— · · ·	Р	R	· — ·
В	W	· — —	С	S	· · ·
Г	G	— — ·	Т	T	—
Д	D	— · ·	У	U	· · —
Е Э	E	·	Ф	F	· · — ·
Ж	V	· · · —	Х	H	· · · ·
З	Z	— — · ·	Ц	C	— · — ·
И	I	· ·	Ч	Ö	— — — ·
Й	J	· — — —	Ш	CH	— — — —
К	K	— · —	Щ	Q	— — · —
Л	L	· — · ·	Ь	X	— · · —
М	M	— —	Ы	Y	— · — —
Н	N	— ·	Ю	Ü	· · — —
О	O	— — —	Я	Ä	· — · —

II. Цифры, знаки препинания и служебные знаки

Знак текста	Знак Морзе	Знак текста	Знак Морзе
1	· — — — —	Двоеточие	— — — · · ·
2	· · — — —	Знак вопроса	· · — — · ·
3	· · · — —	Знак восклицания	— — · · — —
4	· · · · —	Кавычки	· — · · — ·
5	· · · · ·	Скобка	— · — — · —
6	— · · · ·	Дробная черта	— · · — ·
7	— — · · ·	Знак начала	— · — · —
8	— — — · ·	Знак конца	· — · — ·
9	— — — — ·	Знак полного конца	· · · — · —
0	— — — — —		
	(Сокращенно —)	Знак раздела	— · · · —
Точка	· · · · · ·	Повторение	· · · ·
Запятая	· — · — · —	Ждать	· — · · ·
Точка с запятой	— · — · — ·	Ошибка	· · · · · · · ·

Таблица 26

АЗБУКА МОРЗЕ ПО ГРУППАМ

I группа

Е	.
И	. .
С	. . .
Х	. . . .
5	. . . . .

II группа

Т	—
М	— —
О	— — —
Ш	— — — —
0	— — — — —

V группа

Р	. — .
П	. — — .
К	— . —
Ь	— . . —

III группа

А	. —
У	. . —
Ж	. . . —
4	. . . . —
Н	— .
Д	— . .
Б	— . . .
6	— . . . .

VI группа

Я	. — . —
Ц	— . — .
Ю	. . — —
З	— — . .
Л	. — . .
Ф	. . — .
Ы	— . — —
Щ	— — . —

IV группа

В	. — —
Й	. — — —
1	. — — — —
Г	— — .
Ч	— — — .
9	— — — — .

VII группа

2	. . — — —
3	. . . — —
7	— — . . .
8	— — — . .

Знаки препинания и служебные знаки не выделяются в особую группу, а изучаются постепенно с самого начала занятий

следует торопиться и стараться сразу „щегольнуть" быстрой работой на ключе. Такая поспешность приводит обычно к неприятным результатам, как говорят, „сбивается" рука и радист уже не может правильно, четко и ритмично передавать. Скорость передачи можно развить лишь постепенно, систематической тренировкой и практикой. А сначала нужно передавать очень медленно, но четко. Желательно выдерживать все время определенное соотношение между продолжительностью подачи точек, тире, промежутков между ними, а также промежутков между буквами и словами. Тире должно быть в три раза продолжительнее точки, промежутки между точками и тире в букве должны быть такой же продолжительности, как и точка. Промежутки между буквами вначале делают большими, но затем стараются их свести к продолжительности одного тире. И, наконец, промежутки между словами могут быть равны пяти точкам. Начинать следует с очень малой скорости, примерно с $10 \div 15$ знаков (букв) в минуту. Для этого продолжительность тире должна быть $1 \div {}^1/_2$ секунды, а точки ${}^1/_3 \div {}^1/_2$ секунды. Постепенно, изо дня в день скорость нужно медленно повышать. Первые простейшие группы азбуки Морзе усваиваются обычно довольно быстро и легко, но зато последние группы с наиболее трудными буквами требуют долгого времени для твердого и окончательного запоминания. Самые трудные буквы, вроде *л, ф, щ, ы, п, з, ю, ц, я* часто созда ют еще

заминки в приеме, когда все остальные буквы уже принимаются со скоростью 40÷60 знаков в минуту. Не нужно пугаться таких заминок на трудных буквах—это вполне нормальное явление, постепенно исчезающее в процессе практики приема.

Овладение приемом на слух и передачей азбуки Морзе можно считать законченным, когда будет усвоен „мотив" каждой буквы, каждого знака препинания. Среди цифр наиболее трудны и чаще всего путаются друг с другом 2 и 3, а также 7 и 8. Наиболее просты 5 и 0, затем 1, 9, 4 и 6. Знаки препинания обычно усваиваются сравнительно легко. Рекомендуется не ограничиваться изучением приема азбуки при передаче на ключе с помощью зуммера. Следует также насвистывать отдельные буквы, цифры и знаки, а затем слова и фразы. Такое насвистывание способствует быстрейшему запоминанию мотивов отдельных знаков. Нужно отметить, что лица, обладающие хотя бы небольшим музыкальным слухом, легче изучают азбуку Морзе.

Изучая азбуку Морзе в одиночку, а не вдвоем, нужно слушать свою собственную передачу на ключе, затем особенное внимание обратить на насвистывание и напевание сигналов. Усвоив немного азбуку, нужно пробовать принимать из эфира хотя бы отдельные буквы телеграфной передачи. В эфире можно найти медленно работающие станции. Особенно часто они встречаются в коротковолновом эфире, и поэтому для индивидуального изучения азбуки Морзе коротковолновый приемник принесет большую пользу. Но и при изучении азбуки Морзе вдвоем или в кружке, после достижения скорости приема в 30 знаков в минуту, следует уже пробовать вести прием из эфира и далее проводить его систематически. Сначала прием из эфира будет очень труден и большинство букв принять не удастся. Эфирный прием резко отличается от приема сигналов с зуммера или звукового генератора. Поэтому нужно к нему привыкать. Даже для лиц, достигших скорости приема с зуммера или генератора в 60—70 знаков в минуту, переход на эфирный прием бывает весьма труден, если раньше они к нему не привыкали постепенно.

Для коротковолновика очень важно знание не только русского, но и латинского алфавита Морзе. Начинать изучение латинских букв азбуки Морзе рекомендуется тогда, когда уже достигнута скорость приема русского текста в 30÷40 знаков в минуту. Несовпадающие по произношению буквы русского и латинского алфавитов обычно создают на первых порах значительные затруднения в приеме. К этим буквам относятся например *ж* и *v*, *щ* и *q*, *ч* и *ö*, *ы* и *y*, *ь* и *x*.

Наличие двух алфавитов, вообще говоря, вносит путаницу и затрудняет прием. Долгое время при приеме русского текста рука почти непроизвольно пишет отдельные буквы латинского алфавита и наоборот. Лишь долгой практикой можно приучиться к четкому приему любого текста. Изучение латинского алфавита Морзе необходимо потому, что коды и радиолюбительские жар-

оны составлены из букв латинского алфавита. Кроме того вся международная радиосвязь ведется преимущественно на английском языке, из сокращенных слов которого составлен радиолюбительский жаргон.

После достижения по обоим алфавитам скорости 40 знаков в минуту, рекомендуется практиковаться в приеме смешанного текста из букв, цифр, знаков препинания и служебных знаков. Можно также вести прием смешанного текста из русских и иностранных слов. Переход с одного языка на другой должен сигнализироваться каким-либо знаком.

Перейдем теперь к техническому оборудованию, необходимому для изучения азбуки Морзе на слух.

2. Звуковые генераторы

Существует много систем генераторов звуковой частоты для изучения сигналов азбуки Морзе. Простейшим, но наименее совершенным генератором является зуммер или „пищик". Любой электрический звонок, за исключением специальных звонков переменного тока, не имеющих размыкающегося контакта, может быть легко переделан в зуммер. Для этого нужно только заменить тяжелый железный якорек-вибратор с молоточком более легким вибратором, который следует сделать из пластинки трансформаторного сердечника. Такой легкий якорек сможет давать большое число колебаний в секунду, нужное для получения довольно высокого музыкального тона. При отсутствии звонка зуммер можно сделать из телефонной трубки (лучше низкоомной). Для этого на корпусе укрепляют вибратор из пластинки железа и контактный винт, как это показано на рис. 216. Вибратор и контактный винт изолированы друг от друга вследствие того, что корпус сделан из изолирующего материала.

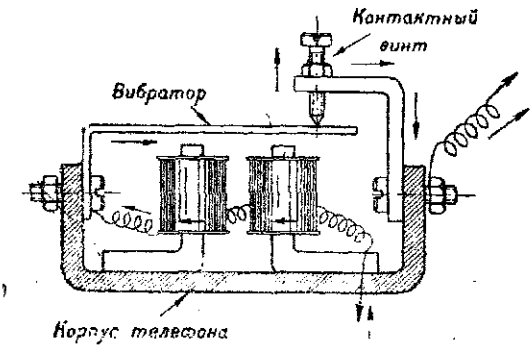


Рис. 216. Зуммер из телефона

Зуммер, сделанный из звонка, работает от напряжения в 3÷4 *в* (постоянного тока); зуммер из телефонной трубки требует более высокого напряжения, примерно 10÷20. Телефон или репродуктор и ключ присоединяются к зуммеру по схеме рис. 217. Ключ разрывает цепь питания зуммера, а телефон включен параллельно размыкающемуся контакту. Однако зуммер неустойчив в работе, у него часто обгорает контакт, регулировка же меняется и приводит к изменению высоты тона.

Гораздо устойчивее и лучше работает ламповый звуковой генератор, схема которого изображена на рис. 218. Ламповый генератор позволяет изменять по желанию в широких пределах высоту тона. Схема рис. 218 представляет одноламповый регенератор без гридлика, у которого катушками анода и сетки служат обмотки обычного междулампового трансформатора низкой частоты

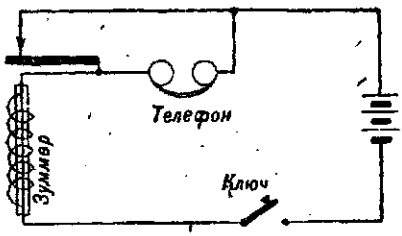


Рис. 217. Включение телефона и ключа в цепь зуммера

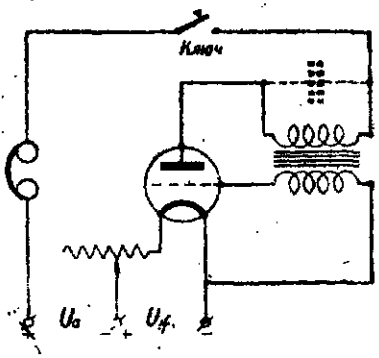


Рис. 218. Ламповый звуковой генератор

с коэфициентом трансформации от 1:2 до 1:4. Первичную обмотку можно включить в цепь анода, а вторичную в цепь сетки. Для возникновения генерации необходимо правильно включить концы обмоток. Лампа может быть взята любая. Изменяя накал лампы реостатом, можно в значительных пределах изменять высоту тона генерируемых колебаний. Уменьшение накала повышает тон. Реостат накала берется в 30÷50 *ом*. Кроме того понижение тона получается при присоединении конденсаторов емкостью в 500÷1 500 *см* параллельно одной из обмоток. Телефон или репродуктор включается последовательно в анодную цепь, но можно его включить и параллельно между анодом и нитью через конденсатор в 5000÷10 000 *см*, как это показано на рис. 219.

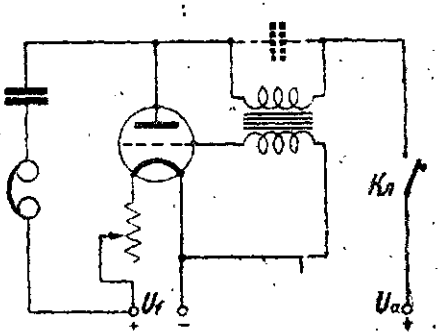


Рис. 219. Параллельное включение телефона в схему лампового зуммера

Очень простая и оригинальная схема звукового генератора (зуммера) показана на рис. 220. Она работает на лампе ПТ-2 и имеет следующие данные деталей: $R = 25 \div 30$ *ом*; $R_1 = R_2 = 8000$ *ом* и $C = 500$ *см*. Дроссель *Др* представляет собою телефонные катушки на 2000 *ом* с сердечниками. Схема рис. 220 представляет собою динатронный генератор: в ней напряжение на сетке выше, чем на аноде.

Звуковой генератор с электронной лампой представляет собой весьма удобный прибор для изучения азбуки Морзе, но некоторым его недостатком является необходимость двух источников питания (для накала и для анода).

Более дешевым и проостым является генератор с неоновой лампой, показанный на рис. 221 в двух вариантах. Такой генератор

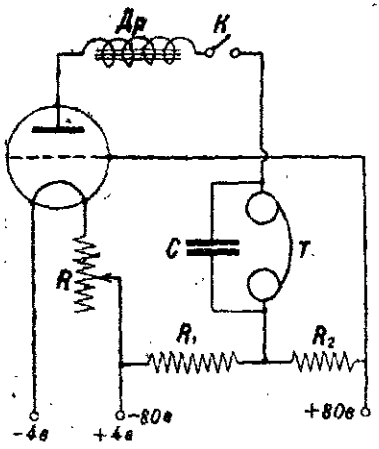


Рис. 220. Простая схема лампового зуммера

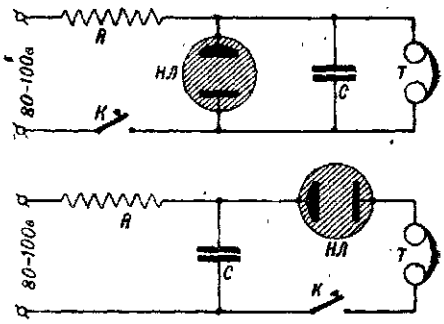


Рис. 221. Звуковой генератор с неоновой лампой

требует лишь одного источника тока в 80—100 *в*. Неоновая лампа берется на 120 *в* с тарелочками (стоит около 3 рублей). Сопротивление *R* должно быть подобрано для получения нужной громкости и высоты тона в пределах от 20 000 до 100 000 *ом*. Конденсатор *С* имеет емкость от 500 до 1 500 *см*. Его тоже желательно подобрать для наилучшего режима работы генератора. Генератор с неоновой лампой работает весьма устойчиво. Мощность его вполне достаточна для питания нескольких наушников.

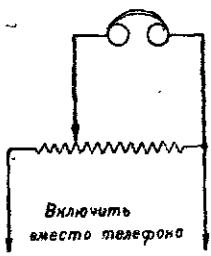


рис. 222. Потенциометр для регулировки громкости приема

Рекомендуется изучать прием азбуки Морзе на телефон, чтобы условия приема приближались к действительным условиям приема из эфира. По этой же причине желательно принимать сигналы с небольшой громкостью, причем по мере усвоения азбуки следует громкость уменьшать, так как нужно привыкать к приему самых слабых сигналов. Изменение громкости удобнее всего осуществить с помощью потенциометра, который включается в схему лампового генератора или зуммера, или генератора с неоновой лампой вместо телефона, а телефон питается от потенциометра (рис. 222). В качестве потенциометра

можно применить сопротивление Каминского в 5 000 ÷ 10 000 *ом* с передвижным зажимом.

В эфире радиостанции работают самыми разнообразными тонами, имеющими частоту от 50+100 *гц* до 1000 *гц* и более. У некоторых станций тон чистый и музыкальный, у других он хриплый. Нужно по возможности стараться изменять высоту тона генератора способами, указанными выше, и вести прием на разных тонах. Это поможет быстрее овладеть приемом из эфира.

3. Ключ Морзе и работа с ним

Важным элементом знания азбуки Морзе является умение хорошо передавать на ключе. Для этого нужно прежде всего, чтобы ключ был удобен для работы. Настоящий телеграфный ключ достать довольно трудно. Поэтому лучше самому изготовить простой и хороший ключ. На рис. 223 изображена конструкция простого, но хорошо работающего деревянного ключа Морзе.

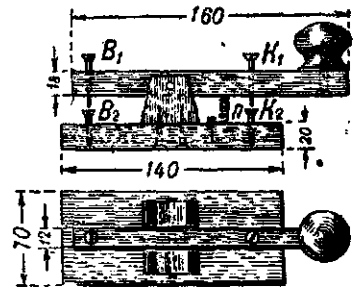


Рис. 223. Конструкция простого ключа Морзе

Для устройства ключа нужно взять в качестве основания дощечку размерами 14 × 7 *см* и толщиной 2 *см*. На основании прочно укрепляются винтами две стойки—опоры для оси рычага. Рычаг представляет собой деревянный стержень прямоугольного сечения 12 × 18 *мм* и длиной 16 *см*. На одном его конце винтом укреплена ручка, в качестве которой можно использовать ручку от самого дешевого пресс-папье. Ось делается из гвоздя или куска железной проволоки толщиной 3÷4 *мм*. Рычаг ключа должен вращаться на оси легко и свободно, но не должен болтаться или качаться в стороны. Здесь возможны два варианта. Ось можно туго укрепить в рычаге, а в стойках сделать отверстие для свободного вращения оси. В другом случае ось туго загоняется в стойки, но зато в рычаге отверстие делается свободным для оси. Для того, чтобы отверстие не разрабатывалось, желательно в него вставить металлическую трубку в качестве подшипника.

Контакты ключа K_1 и K_2 сделаны из винтов по дереву. Верхний винт имеет затупленное напильником острие. Его можно регулировать отверткой для того, чтобы изменять так называемый развод ключа, т. е. расстояние между контактами K_1 и K_2. Обычно он имеет величину от 0,2 *мм* до 1 *мм*. Начинающие работают обычно с большим разводом, но по мере возрастания скорости работы на ключе возникает необходимость уменьшить развод.

Вообще, чем больше скорость передачи, тем меньший должен быть развод у ключа.

Для того, чтобы контанты K_1 и K_2 были разомкнуты, имеется пружина $П$. Она должна отжимать правую часть рычага вверх. Пружина не должна быть сильной, так как тогда будет трудно работать и рука быстро устанет. Величину развода можно регулировать также винтом B_1, который упирается в другой винт B_2. Подводка к ключу делается к контактным винтам K_1 и K_2 с помощью шнура, желательно мягкого. Очень удобно укрепить на основании две клеммы, от которых к контактам провести мягкий шнур. При передаче сигналов Морзе желательно, чтобы ключ был прочно укреплен на столе против правой или левой руки сидящего радиста, смотря по тому, какой рукой он привык работать. Ключ укрепляется недалеко от края стола.

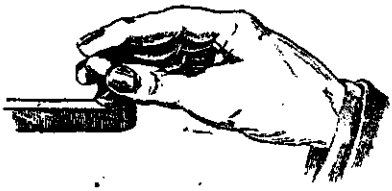


Рис. 224. Правильное положение руки на ключе Морзе

Очень важно правильно держать ручку ключа в руке. Нужно держать ее тремя пальцами: большим, указательным и средним, так чтобы указательный палец был сверху. Он должен быть несколько согнут, как показано на рис. 224. Большой и средний пальцы располагаются по бокам ручки. Ни в коем случае не следует крепко сжимать пальцами ручку ключа. Наоборот, ее нужно лишь слегка чувствовать пальцами, а при работе нужно по возможности легче нажимать на нее, работая преимущественно кистью и отчасти пальцами. С самого начала работы на ключе нужно стараться применять минимум усилий, иначе рука будет быстро уставать.

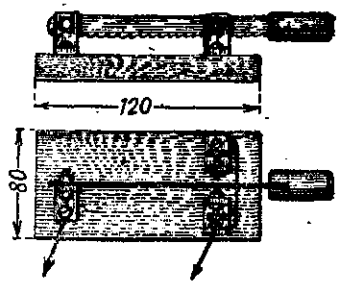


Рис. 225. Двухсторонний ключ

Для достижения четкой передачи с большой скоростью на обычном телеграфном ключе нужна длительная практика. Гораздо быстрее и легче научиться ритмично передавать на так называемом двустороннем ключе, который иногда неверно называют виброплексом. Двусторонний ключ довольно широко распространен среди наших любителей.

Устройство его показано на рис. 225. На деревянном основании укреплен рычаг ключа, представляющий пружинящую стальную пластинку (кусок полотна от ножовки). Рычаг крепко зажимается винтом на специальной стойке в виде угольника, привинченной к основанию. Два других угольника имеют контактные винты, образующие с обеих сторон рычага небольшой развод в

1÷2 *мм*. Лучше всего конечно стойки угольника сделать из металла. Но для упрощения конструкции можно их сделать деревянными, как например стойки у ключа по рис. 223. Тогда контактными винтами будут простые винты по дереву (шурупы). Выступающий конец рычага снабжается изолирующей ручкой из дерева или эбонита. В простейшем случае конец рычага можно обмотать изоляционной лентой. Нормально рычаг находится точно посредине между контактными винтами. Оба контактных винта соединяются между собою и представляют один полюс ключа. Рычаг является другим полюсом. Работа на подобном двустороннем ключе производится двумя пальцами руки (рис. 226)—большим и указательным (вместо указательного может работать также средний палец). Пальцы поочередно давят на рычаг вправо и влево и прижимают его то к одному, то к другому контакту в течение промежутка времени, нужного для подачи тире или точки. Начать букву может любой палец. Так например для передачи буквы *а* большой палец прижимает рычаг на короткий момент вправо — для точки, затем отпускает рычаг, который возвращается на место, и в это время указательный палец прижимает его влево и дает тире. Этим способом можно буквально в несколько дней научиться четко и ритмично передавать на ключе.

Рис. 226. Работа на двухстороннем ключе

На двустороннем ключе можно достигнуть значительно большей скорости передачи, чем на обычном ключе. Кроме того передача получается очень ровной, напоминающей автоматическую, чего очень трудно добиться на простом ключе. Наконец, двусторонний ключ гораздо меньше утомляет руку, чем обычный ключ. Следует только сначала внимательно следить за собой и не давать лишних точек. Лишние точки при работе на двустороннем ключе представляют наиболее распространенную „болезнь". Они особенно часто выбиваются в таких знаках, как *б*, *б*, *7*, *8*, *5*, *х*, *с* и других.

Для медленной передачи иногда используют одну сторону двустороннего ключа и дают все точки и тире одним пальцем (обычно указательным). Такая передача мало отличается от передачи на обычном ключе, но она тоже гораздо менее утомительна, так как в работе не участвует кисть руки.

В Америке весьма распространен особый двусторонний ключ, работа на котором происходит полуавтоматически. Тире и часть точек даются рукой, а остальные точки в данном знаке „добивает" автоматически сам ключ. На нем достигается огромная скорость передачи—более 200 знаков в минуту. Однако конструкция его сложна, и мы на ней останавливаться не будем.

Таблица 27

Q-КОД

Кодовый сигнал	Значение сигнала (для вопросительной формы добавляется знак вопроса)	Кодовый сигнал	Значение сигнала (для вопросительной формы добавляется знак вопроса)
QRA	Моя станция находится в.....	*QRV*	Я готов для приема или работы с вами
QRB	Расстояние между нами равно..... *км*	*QRX*	Я вас вызову позже (или — ждите, пока я кончу работать с рацией.....)
QRG	Ваша длина волны равна ..... *м*	*QRZ?*	Кто меня вызывает?
QRH	Ваша волна колеблется (не постоянна)	*QSA*	Разбираемость ваших сигналов..... баллов (по шкале)
QRI	Ваш тон колеблется (непостоянен)	*QSB*	Сила ваших сигналов колеблется (непостоянна)
QRJ	Ваши сигналы очень слабы; прием невозможен	*QSL*	Квитанция (подтверждение) связи или приема
QRK	Ваша слышимость составляет..... баллов (по шкале)	*QSO*	Двусторонняя связь
QRL	Я занят и работать с вами больше не могу	*QSP*	Передайте рации..... следующее (дается сообщение)
QRM	Мешают другие станции	*QSQ*	Передавайте каждое слово один раз
QRN	Мешают атмосферные разряды	*QSX*	Я буду слушать на другой волне..... *м*
QRNN	Имеются местные индустриальные помехи	*QSY*	Передавайте на другой волне..... *м*
QRO	Увеличьте мощность (или — я увеличиваю мощность)	*QSZ*	Передавайте каждое слово два раза
QRP	Уменьшите мощность (или — я уменьшаю мощность)	*QTC*	Я имею для вас сообщения
QRQ	Передавайте быстрее	*QTH*	Мое географическое положение (дается широта и долгота)
QRS	Передавайте медленнее		
QRT	Прекратите передачу (или — я прекращаю передачу)	*QTR*	Сейчас времени.....час. .....мин.
QRU	Я для вас больше ничего не имею	*ZHC*	Каковы условия приема?

Примечание. Сигнал *ZHC* не входит в *Q*-код, а взят из *Z*-кода, но он часто применяется при вызове.

4. *Q*-код или радиотелеграфный код

Так называемый *Q*-код (ку-код) применяется не только в любительской практике, но и в профессиональной радиосвязи. В табл. 27 приведены основные обозначения *Q*-кода, нужные для любительской связи. Весь код содержит значительно больше

обозначений, но многие из них любителями не применяются. Все обозначения Q-кода начинаются с буквы *Q* и имеют еще две буквы.

Любое обозначение *Q*-кода может применяться в двух смыслах. Если после него дать знак вопроса, то получается вопросительная форма, например *QSA*? означает: „Какова разбираемость моих сигналов?" В ответ на вопрос дается такое же обозначение, но без вопросительного знака. Оно обычно сопровождается добавочными уточняющими сведениями, характеризующими качество приема или указывающими другие данные. Так например на вопрос *QSA*? можно ответить *QSA4*, что означает: „Разбираемость ваших сигналов 4 балла". Иногда ответ на вопрос содержит только одно кодовое обозначение, например, если задан вопрос *QRM*?, что значит: „Мешают ли другие станции?", можно ответить *QRM*, т. е. подтвердить, что „помехи от других станций имеются". А например на вопрос *QRA*, означающий: „Каков ваш адрес?", можно ответить: „*QRA Leningrad*". Здесь после ответного кодового обозначения следует название города, в котором находится отвечающая радиостанция.

5. Разбираемость, громкость, модуляция и тон

Кроме *Q*-кода большое значение имеют шкалы разбираемости сигналов (*QSA*), громкости сигналов (*QRK*), качества модуляции при радиотелефонии (*mod*) и качества тона сигналов (*tone*). Все эти шкалы приведены в табл. 28 (стр. 226).

Шкала разбираемости имеет 5 баллов. По ней указывают обычно разбираемость сигналов или телефонии в такой форме: *QSA5*, что означает: „Ваши сигналы разбираются полностью очень хорошо". Иногда передают несколько иначе: *QSA W5* или даже сокращенно—*W5*, но сейчас уже не принято перед баллом давать букву *W*.

Нужно отличать понятие разбираемости от громкости, оцениваемой по девятибалльной шкале и даваемой в форме *QRK R8*, *QRK R3* или просто *R8*, *R3* и т. д.

Громкость *QRK* оценивается весьма субъективно и должна указывать силу сигналов. По шкале разбираемости оценивается возможность приема сигналов и учитывается не только громкость, но также и помехи от других станций, атмосферных разрядов и других причин. Так, например, если нет никаких помех и сигналы имеют хороший тон и легко разбираются, то даже при малой громкости *R3*—R*4* разбираемость может быть *QSA5*. С другой стороны, если громкость сигналов R*8*, но атмосферные и индустриальные помехи настолько сильны, что прием весьма затруднен, то разбираемость может быть плохой—всего лишь *QSA2* или *QSA3*.

Качество модуляции оценивается по пятибалльной шкале. Эта шкала оценивает чистоту передачи, а не глубину модуля-

Таблица 28

ШКАЛА РАЗБИРАЕМОСТИ — *QSA*

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
QSA 1	Сигналы разобрать невозможно	*QSA 3*	Разбираемость средняя
QSA 2	Сигналы разбираются частично и с трудом	*QSA 4*	Разбираемость хорошая
		QSA 5	Сигналы разбираются превосходно

ШКАЛА ГРОМКОСТИ СИГНАЛОВ—*QRK*

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
R0	Сигналы совершенно не слышны	*R5*	Средняя громкость, достаточная при отсутствии помех
R1	Еле слышно; ничего разобрать нельзя	*R6*	Средняя громкость, принимать легко
R2	Очень слабая громкость; разбираются отдельные сигналы	*R7*	Громкая хорошая слышимость
R3	Слабая слышимость; разобрать все можно с большим трудом	*R8*	Весьма громкая слышимость (даже на расстоянии от телефона)
R4	Слышимость, достаточная для приема с некоторым напряжением	*R9*	Очень громкий прием на репродуктор

ШКАЛА КАЧЕСТВА МОДУЛЯЦИИ — *mod*

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
M1	Очень плохая модуляция; ничего разобрать нельзя	*M4*	Хорошая модуляция; искажения очень малы
M2	Плохая модуляция; разбираются отдельные слова	*M5*	Прекрасная передача без всяких искажений
M3	Разбираются все слова, но искажения весьма заметны		

Таблица 28 (продолжение)

ШКАЛА КАЧЕСТВА ТОНА — *tone*

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
T1	Очень плохой, грубый, хриплый тон переменного тока	*T6*	Устойчивый музыкальный тон с небольшими пульсациями
T2	Более устойчивый, но все же грубый тон 50 периодов	*T7*	Хороший тон выпрямленного тока с едва заметными пульсациями
T3	Хриплый тон выпрямленного, но не сглаженного тока	*T8*	Чистый музыкальный тон от питания постоянным током
T4	Более музыкальный тон от небольшого сглаживания	*T9*	Прекрасный музыкальный тон постоянного тока
T5	Журчащий тон при лучшем сглаживании		

ции. Последнюю нужно указывать хотя бы приблизительно в процентах.

Наконец качество тона указывается по девятибалльной шкале. В последнее время в любительской связи широко применяется новое сокращенное обозначение из трех букв *RST* и трех цифр для разбираемости, громкости и качества тона. Здесь *R* означает разбираемость (*QSA*), *S*—громкость (*QRK*) и *T*—тон (*tone*). По этой системе вместо длинной передачи, например *QSA5 QRK R7 tone T8*, коротко дают *RST578*, что означает: „Разбираемость 5, громкость 7 и тон 8 баллов". В последнее время почти все любители перешли на систему *RST*.

6. Любительский радиожаргон

Q-код не имеет достаточно обозначений для ведения переговоров по всем вопросам радиосвязи, техники устройства аппаратуры, условий передачи и приема и т. д. Поэтому любители выработали специальный международный радиожаргон, состоящий из сокращенных английских слов и некоторых иных буквенных и цифровых обозначений, значительно дополняющих *Q*-код и расширяющих содержание радиопереговоров.

В таблице 29 (стр. 228) приведены главнейшие обозначения радиожаргона, необходимые для ведения связи.

Обычно радиолюбители при переговорах применяют совместно *Q*-код и жаргон и составляют из них самые разнообразные фразы. Чтобы лучше познакомиться с применением кода и жаргона, рассмотрим правила ведения двусторонней связи (*QSO*), наиболее часто встречающиеся варианты любительских перего-

Таблица 29

ЛЮБИТЕЛЬСКИЙ РАДИОЖАРГОН

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
abt	около, приблизительно	*de*	от, из
ac	переменный ток и 50 периодов	*dr*	дорогой
accw	переменный ток повышенной частоты	*dx*	дальняя связь, дальняя станция
af	низкая частота	*ere*	здесь
aer, ant	антенна	*es*	и
agn	снова, опять	*ex*	бывший
all	все	*fb*	прекрасно, хорошо
amp	ампер	*fd*	удвоитель частоты
as	ждать	*fm*	от, из
at	к, в	*fone*	телефон
ar	конец передачи	*for, fr*	для, за
after	после, позже	*freq*	частота
band	диапазон	*first*	первый
bd	плохо	*frnd*	друг, приятель
bi, by	при, через, посредством	*ga*	начинайте, давайте
better, btr	лучше	*gb*	до свидания, прощайте
but	но	*gd*	добрый день
call	позывной	*ge*	добрый вечер
cc	кварцевый контроль	*gld*	рад
cheerio	благодарить	*gm*	доброе утро
cl, cll	позывной	*gn*	доброй ночи
clg, cld	звать	*gnd*	земля
ckt	схема	*gmt*	гринвичское время
co	кварцевый генератор	*gud*	хороший
conds	условия	*ham*	коротковолновик с передатчиком
congrats	поздравления	*hl*	смех (ха, ха, ха!)
cpse	противовес	*hpe, hope*	надеюсь
cq	всем, всем (общий вызов)	*hr*	здесь
crd	карточка	*hv*	имею
cul	встретимся (в эфире)	*hvnt*	не имею
cuagn	встретимся снова	*hw?*	как дела?
cw	незатухающие колебания	*inpt*	подводимая мощность
dc	постоянный ток	*is*	есть

Таблица 29 (продолжение)

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
k	отвечайте, передавайте	*om*	друг, коротковолновик
ka	начало передачи	*on*	на, в
kc	килоцикл	*one*	один
kw	киловатт	*op*	оператор, радист
ky	ключ Морзе	*or*	или
ltr	письмо	*ow*	жена коротковолновика
lat	широта	*owner*	владелец станции
long	долгота, длина	*pa*	мощный усилитель
little	маленький	*part*	часть
ma	миллиампер	*pp*	пушпулл
mc	мегацикл, мегагерц	*ppa*	пушпульный усилитель
mf	микрофарада	*plate*	анодное напряжение, анод
mi, my	мой	*pse*	пожалуйста
mike	микрофон	*psed*	рад
min	минута	*power, pwr*	мощный, мощность
many, mni	много	*r*	понял, принял
mo	возбудитель, задающий генератор	*rac*	выпрямленный ток
		rcvr	приемник
mod	модуляция	*rcd*	получил
msg	сообщение, радиограмма	*rdo*	радио, радиостанция
mtr	метр	*rdn*	излучение, ток в антенне
msk	московское время, Москва	*rf*	высокая частота
near	около, близко	*rite*	напишите
nil	ничего	*rpt*	повторите
nr	номер, около, близко	*rprt*	сообщение
no	нет	*rx*	приемник
not	не	*rmrks*	замечания
new	новый	*sa*	скажите
nw	теперь, сейчас	*sigs*	сигналы
ob	приятель, друг	*sk*	полный конец
of	от, из	*sec*	секунда
often	часто	*sorri, sri*	к сожалению, жаль
ok	понял, принял	*sprk*	искра, искровая станция
output	отдаваемая мощность	*stdi*	постоянный, устойчивый
old	старый	*small*	маленький
only	только	*same*	то же самое, тот же

Таблица 29 (продолжение)

Сокращение	Что означает	Сокращение	Что означает
sum, some	иногда	*unstdi*	неустойчиво
sn, soon	скоро	*ur*	ваш
sure	уверенность, будьте уверены	*valve*	лампа
		vy	очень
send	пошлите	*wave*	волна
short	короткий	*wid*	с
test	опыт, эксперимент	*wkg, wrg*	работать
ten	десятиметровый диапазон	*wl*	буду, хочу
tfc, traffic	регулярная связь	*ww*	весь мир
tks, tnx	спасибо, благодарю	*wx*	погода
tmrw	завтра	*x*	передвижная станция
to	к, при	*xcuse*	извинения
tone	тон	*xter, xmtr*	передатчик
tx	передатчик	*xtal*	кварцевый кристалл
today	сегодня	*yl*	женщина-коротковолновик
tube	лампа		
time	время	*zepp*	антенна „Цеппелин"
u	вы	73	лучшие пожелания
untls	нелегальщик		

воров, а также порядок заполнения карточек-квитанций (*QSL*). С последними имеет дело не только коротковолновик, работающий на передатчике, но и любитель, ведущий только прием на коротких волнах.

7. *QSL*-карточки

Обмен *QSL*-карточками представляет одну из интереснейших областей коротковолнового радиолюбительства. В практике любительской работы на коротких волнах принято каждую двустороннюю связь, каждый прием той или иной станции подтверждать посылкой особой карточки-квитанции (*QSL*) с данными приема той станции, которой посылается *QSL*, и с техническими данными аппаратуры станции, отправляющей карточку. Кроме того в *QSL* указывается адрес станции. Принято на *QSL*-карточке ставить крупными буквами так называемый позывной сигнал станции, посылающей *QSL*. Позывной сигнал есть своего рода „эфирное имя" или „кличка" данной радиостанции. Он указы-

вает страну, в которой расположена эта станция, а иногда даже и район страны и имеет несколько букв, принадлежащих только одной этой станции. В специальных списках можно найти по позывному сигналу точный адрес радиостанции и фамилию владельца.

Разберем теперь содержание и заполнение *QSL*-карточки. Последовательность данных в различных *QSL* бывает различна.

Первым обычно указывается адрес (*QRA*) станции, посылающей *QSL*. Затем идут слова *to radio* „на радиостанцию", после которых вписывают позывной той радиостанции, которой посылается *QSL*. Далее идет обычно фраза: *UR SIGS CRD RCD*— „Ваши сигналы-карточка получены". Здесь вычеркивается *crd* или *sigs* в зависимости от того, посылается ли *QSL* на прием или в ответ на *QSL*. После этого указывается время и дата приема сигналов или *QSO* или получения карточки. Затем следуют данные приема *QSA, QRK, tone, QRM* и т. д. И, наконец, приводятся технические данные своего приемника и передатчика. Для приемника указывается обычно схема его регенеративного каскада: *Weagant*—Вигант, *Shnell*—Шнелль или *Reinartz*—Рейнарц, а также число каскадов по известной всем любителям системе 0-V-2 или 1-V-1.

Питание от постоянного тока указывают буквами *dc*, а питание от переменного тока—*ac*. Пентод в оконечном каскаде приемника обозначают сокращенно *Pen*.

Для передатчика данных приводится больше. При наличии самовозбуждающегося передатчика указывают его схему: *Hartley*— Хартлей, *Mesny* — Мени или *Hartley p.p.* — Хартлей пушпулл и т.д.

Для передатчика с посторонним возбуждением, состоящего из нескольких каскадов, существует следующая система обозначений: задающий генератор без кварца обозначается *MO*, кварцевый возбудитель — *CO*, удвоительный каскад (повышающий частоту вдвое) обозначается *FD*, усилительный — *PA*. Если усилитель двухтактный, то пишут *PPA*.

Обязательно указывается мощность передатчика *inpt* (подводимая). Таким образом, например *xmtr CO—FD—PA inpt 40 watts* обозначает, что передатчик трехкаскадный, имеет кварцевый возбудитель, удвоитель и усилитель: мощность его 40 *вт*. Часто также указывают типы ламп передатчика, анодное напряжение и другие данные. Наконец, указывается тип антенны, на которой ведется передача.

Особая строчка с заголовком *Remarks* отводится для различных замечаний и сообщений. Внизу *QSL* обычно ставится фраза *pse tks qsl* „пожалуйста, спасибо (за) *QSL*", в которой вычеркивается *pse* или *tks*. Затем идет фраза *best 73 es dx* — „лучшие пожелания и успехи в дальней связи". *QSL* заканчивается обычно подписью оператора, отправляющего ее. На рис. 227—230 (стр. 232—233) изображено несколько советских и иностранных *QSL*—карточек.

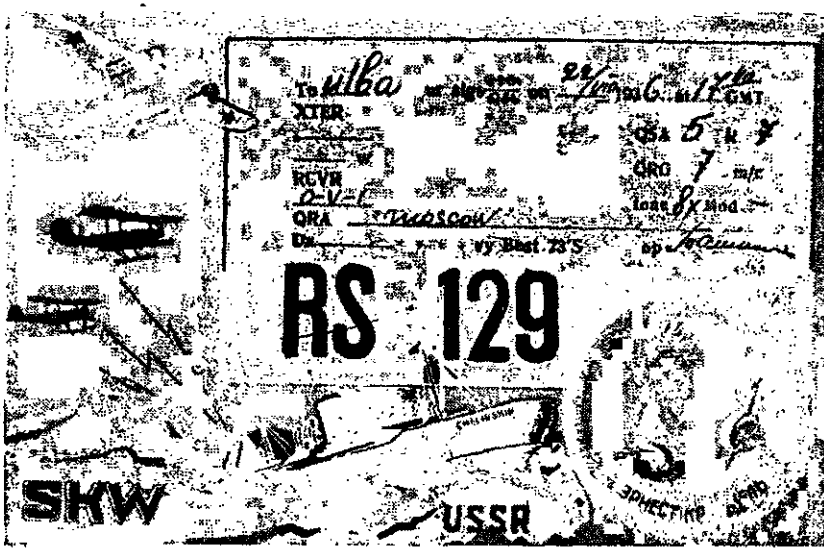


Рис. 227. QSL-карточка советского коротковолновика

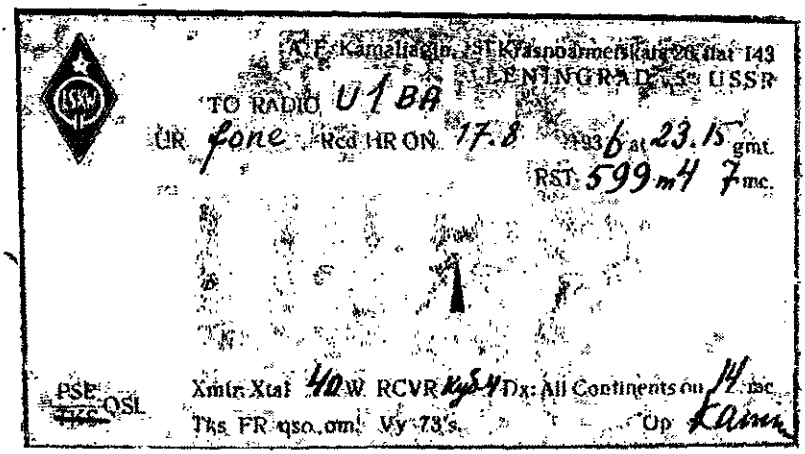


Рис. 228. QSL-карточка советского коротковолновика

Рис. 229. *QSL*-карточка французского коротковолновика

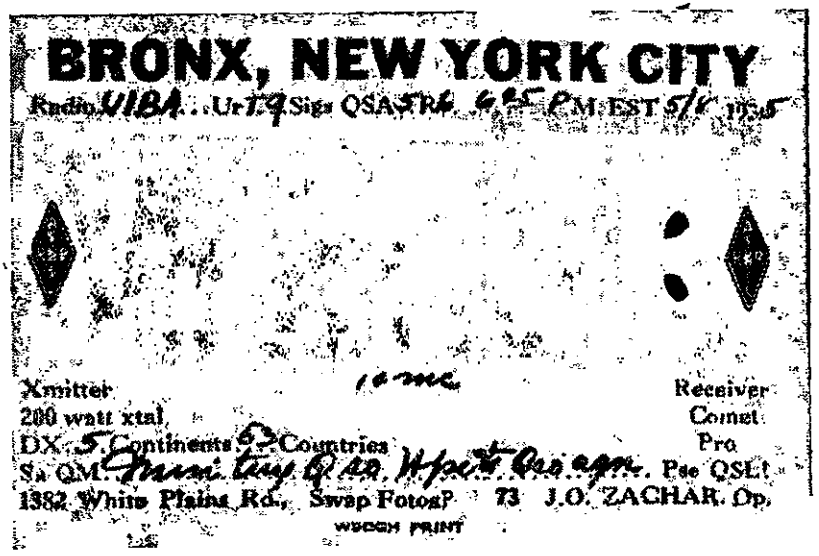


Рис. 230. *QSL*-карточка коротковолновика США

8. Позывные

Позывной сигнал любой радиостанции начинается с буквенного обозначения страны, которой принадлежит данная радиостанция, затем обычно следует цифра, указывающая большей частью район страны, и наконец буквенная комбинация, даваемая в алфавитном порядке.

Рассмотрим составление позывных на примере советских станций. Общий позывной сигнал советских станций — *U*. Индивидуальные станции после буквы *U* имеют цифру, указывающую район СССР. Коллективные станции перед этой цифрой вместо *U* имеют *UK*, а экспериментальные станции *UE*. После цифры идут две буквы по алфавиту. Они составляются так. Берется буква *A* и к ней прибавляется каждая буква алфавита от *A* до *Z*. Получается 26 позывных от *AA* до *AZ*. Далее берут букву *B* и к ней прибавляют поочередно буквы от *A* до *Z*. Получается еще 26 позывных от *BA* до *BZ*. Точно так же поступают для буквы *C* и следующих букв. Всего $26 \times 26 = 676$ позывных от *AA* до *ZZ* для каждого района, а так как районов 10, то всего эта система дает 6760 позывных. Если их нехватит, то можно будет перейти на трехбуквенные обозначения. У нас в пределах каждого района позывные по алфавиту распределены между отдельными областями и краями данного района. Например, северозападный район имеет для Ленинградской области позывные от *1AA* до *1NZ*, для Карельской АССР — от *10A* до *1OZ*, для Северного края — от *1VA* до *1ZZ*. Так например позывной *UK1AA* принадлежит коллективной станции в Ленинградской области, *U1BA* — индивидуальной станции в той же области, *U1VB* — индивидуальной станции в Северном крае.

9. Прием станций и ведение *QSO*

Прием любительских станций всегда следует записывать в аппаратном журнале. В качестве такого журнала можно использовать общую тетрадь или блокнот, разграфив их соответствующим образом. Образец такого аппаратного журнала и записи принимаемых станций в нем приведен в таблице 30. В журнале записываются число, месяц и год приема, а также время *MSK* или *GMT*. Затем отмечается диапазон (*band*) в мегациклах и вызов, т. е. позывные вызываемой и вызывающей станций. Основные данные приема *QSA*, *QRK* и *tone* удобнее всего записывать по системе *RST*.

Остальные данные приема, вроде *QRM*, *QRNN*, *QRN*, *QSB*, *QSX* и т. д., можно записывать в дополнительной графе. Наконец в последней, самой широкой графе записывается, в случае необходимости, текст передачи или только некоторые сведения о передающей станции, сообщенные ею в своей передаче, например *QRA*, *inpt* и др.

Таблица 30

ОБРАЗЕЦ АППАРАТНОГО ЖУРНАЛА

Число и время *MSK* или *GMT*	*Band mc*	Вызов	*RST*	Другие данные приема: *QRM, QRN, QSB* и т. д.	Текст передачи или разные замечания
15.2.37					
20.00	7	*CQ de UK5AA*	589	*QRM r 6*	*QRA:* Харьков
20.10	„	*U6SF de U1AP*	569	*fone r 5 m4*	*mod abt* 60%
20.25	„	*CQ de SM6UA*	579	*QRM sum*	
23.20	14	*F8BW de W1NNE*	438	*vy stdi*	*inpt* 200 *watts*
23.24	„	*PA QDC de PY1AW*	347	*QSB r 2*	QRA: Рио-де-Жанейро

Всем принятым станциям желательно посылать *QSL*-карточки. Так как одна и та же станция может быть принята несколько раз в течение определенного промежутка времени, например в течение недели, то рекомендуется заполнять *QSL* и посылать их не сразу, а через 1—2 недели после первого приема. Тогда при повторных приемах данной станции можно будет в *QSL* указать условия приема в этих дополнительных случаях. Все отсылаемые *QSL* нумеруются в порядке очереди, а для их регистрации желательно завести специальный журнал.

Перейдем теперь к рассмотрению проведения двусторонней связи *QSO*. Работа на передатчике для двусторонней связи может быть начата двумя способами. Можно настроить передатчик на тот или иной любительский диапазон и в течение двух-трех минут передавать фразу: *CQ de U1BA* (позывной *U1BA* взят для примера). В этой фразе рекомендуется *CQ* давать не более 3—5 раз, *de*—1÷2 раза и свой позывной не более 3÷4 раз. Передав эту фразу несколько раз подряд, заканчивают передачу сигналами *ar k* или *pse k*, по возможности быстрее выключают передатчик и в течение $1^1/_2$÷2 минут внимательно настраивают приемник на различные волны данного любительского диапазона. Станция, услышавшая *CQ* и решившая ответить, будет передавать примерно следующее: *U1BA de U3AU pse k*, причем обычно позывной вызываемой станции дается $1^1/_2$÷2 минуты. Свой позывной станция дает лишь несколько раз. Как только вызывающая станция даст *k*, нужно немедленно включить передатчик и отвечать аналогичным вызовом, но не дольше 10—30 секунд. После своего позывного дают знак раздела и дальше идет передача приветствий, данных приема, своего адреса и других сведений.

Другой способ установления двусторонней связи состоит в

том, что любитель не дает вызовов *CQ*, а ищет в любительском диапазоне станцию, дающую *CQ*. После конца ее вызова немедленно включает передатчик и зовет эту станцию. В этом случае если данная станция услышит, то она первая дает сообщение о слышимости. Нужно отметить, что вызов станции, дававшей *CQ*, иногда производится в несколько иной форме, а именно: позывной вызываемой станции дается 5÷10 раз, затем 2÷3 раза свой позывной, далее снова 5÷10 раз позывной вызываемой станции и 2÷3 раза свой—и так несколько раз в течение 2 минут. Такой вызов иногда дает лучшие результаты при сильном замирании сигналов, а также в случае, если данную станцию одновременно вызывают несколько раций.

Самым ответственным моментом установления *QSO* является „прохождение" диапазона после своего *CQ* для обнаружения вызова, а также слушание ответа станции, дававшей *CQ* после того, как мы ее вызывали. Дело в том, что помехи от других станций, от различных электроустановок и атмосферные разряды часто сильно уменьшают разбираемость сигналов. Поэтому иногда, проходя весь любительский диапазон в течение 2 минут, можно пропустить вызов своей станции, не разобрав позывных. То же может быть и при слушании ответа вызванной станции.

Радиограммы, передаваемые станциями при *QSO*, имеют примерно следующий характер (приводим продолжение связи между *U1BA* и *U3AU*). После вызова *U3AU* рация *U1BA* передает: *U3AU de U1BA-ge dr om es vy tks fr QSO agn!-ur fb sigs RST 589 stdi-QRM sum-hr QRA nw is near* Ленинград—*hw?-pse my QRG?-ok? ar U3AU de U1BA ar k.*

В ответ рация *U3AU* дает примерно такую радиограмму: *ka U1BA de U3AU-r ok all fb-ge dr ob es vy gld to QSO-tks fr gud rprt-ur sigs QSA5 QRK R6—4 tone t8-hr QRA old.* Коломна-*ur QRG abt 42,1 mtr-QRM nil-pse ur fone test-hr fone nw nil-QRU-ok? ar U1BA de U3AU ar k.*

Рация *U1BA* отвечает: *ka U3AU de U1BA-r ok ks-sri hr vy QRL-pse QRX my fone test tmrw at 23.15 MSK-QRV?-nw ere QRU-best 73 es dx-pse QSL-gb dr ob-ar U3AU de U1BA ar sk k.*

Последняя радиограмма идет от *U3AU: U1BA de U3AU-r ok tks fr all-fb hr QRV fr test fone tmrw 23.15 MSK-hpe cul tmrw-73 es fb dx ob-gb sk U1BA de U3AU sk.*

Рация *U1BA* заканчивает *QSO: U3AU de U1BA-r ok tks hpe cul gb 73 U3AU de U1BA sk.*

Содержание всех приведенных радиограмм мы предлагаем разобрать самому читателю, пользуясь приведенными выше таблицами кода, жаргона и шкал данных приема (*RSA, QRK, mod, tone*). Приведенное *QSO* является лишь примером. В других случаях содержание переговоров несколько изменяется. *QSO* может быть короче, но может быть и длиннее. Часто во время *QSO* проводятся эксперименты и разговоры на технические темы, касающиеся устройства аппаратуры. Иногда *QSO*

завязывается не с одной, а с двумя или тремя станциями, если все они вызывали нашу станцию после *CQ* и если всех их удалось принять. В этом случае нужно вызывать все эти станции, указать в радиограмме данные приема их сигналов и указать очередность ответов этих станций. *QSO* проводятся по очереди со всеми станциями. Все *QSO* записываются в аппаратном журнале.

В заключение приводим обозначения погоды, часто применяемые в любительской практике.

Таблица 31

ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОГОДЫ — *WX*

Ясно	*clear*	Звездно	*starry*
Пасмурно	*cloudy*	Слабый ветер	*breeze*
Сильный снег	*heavy rain*	Сильный ветер	*high wind*
Дождь	*rain*	Тайфун	*typhoon*
Снег	*snow*	Ураган	*hurrican*
Сильный снег	*heavy snow*	Пурга	*snowstorm*
Облачно	*clouded*	Гололедица	*slippery ice*

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие . . . . . 2.

Глава I. Коротковолновое любительство 3

Глава II. Распространение коротких волн 5

1. Особенности распространения коротких волн 6
2. Строение атмосферы и ее ионизированные слои 8
3. Пути распространения коротких волн 9
4. Ширина зон молчания и дальность действия 12
5. Замирания 15
6. Расчет коротковолновой связи 16
7. Особенности любительских диапазонов 21

Глава III. Электронные лампы 23

1. Назначение и устройство электронных ламп 23
2. Принцип работы электронной лампы 23
3. Двухэлектродная лампа 25
4. Трехэлектродная лампа или триод 26
5. Экранированные лампы 33
6. Пентоды 34
7. Комбинированные лампы 34
8. Приемные и усилительные лампы 35
9. Генераторные лампы 35
10. Модуляторные лампы 35
11. Кенотроны 40
12. Газотроны 40

Глава IV. Приемники коротких волн 41

1. Особенности коротковолнового приема 41
2. Регенеративный прием 43
3. Схемы коротковолновых регенеративных детекторов 46
4. Усиление высокой частоты 51
5. Усиление низкой частоты 55
6. Сеточное смещение усилителей 55
7. Супергетеродин 56
8. Односигнальный прием 59
9. Конвертеры 60
10. Детали приемника 63
11. Работа с приемником 71
12. Выбор схемы приемника 72
13. Конструкции приемников 72

Стр.

Глава V. Передатчики коротких волн 80

1. Как работает ламповый передатчик 80
2. Режим, мощность и к. п. д. передатчика 81
3. Способы подачи сеточного смещения 85
4. Основные схемы передатчиков с самовозбуждением 86
5. Посторонее возбуждение, нейтрализация и удвоение частоты . 93
6. Стабилизация частоты 99
7. Телеграфная передача 104
8. Конструкции простейших передатчиков 106
9. Детали передатчиков 114
10. Налаживание и настройка передатчика 117
11. Лампы для любительских передатчиков 120

Глава VI. Радиотелефония 121

1. Принцип радиотелефонной модуляции 121
2. Несущая и боковые частоты 123
3. Глубина или коэфициент модуляции 125
4. Мощность колебаний при модуляции 127
5. Методы модуляции 129
6. Сеточная модуляция 129
7. Анодная модуляция 134
8. Модуляция на экранированных лампах 137
9. Микрофон и микрофонный трансформатор 138
10. Практические схемы модуляции и их детали 141
11. Налаживание телефонного передатчика 143

Глава VII. Антенны 146

1. Приемные антенны 146
2. Передающие антенны 148
3. Как работает передающая антенна 149
4. Антенны Маркони 154
5. Антенны со стоячими волнами в фидере 156
6. Антенны с бегущей волной в фидере 160
7. Другие типы антенн 165
8. Простейшие направленные антенны 166

Глава VIII. Измерения и контроль 169

1. Измерения любителя 169
2. Измерение силы тока и напряжения 169
3. Электромагнитные приборы 171
4. Магнитоэлектрические приборы 172
5. Тепловые приборы 172
6. Термоэлектрические приборы 174
7. Ламповые вольтметры 174
8. Индикаторы тока и напряжения высокой частоты 177
9. Измерение мощности передатчика 179
10. Волномеры 181
11. Градуировка волномера 185
12. Измерение волны передатчика 187
13. Измерение волны принимаемой станции 188

Глава IX. Питание 188

1. Общие требования к источникам питания 188
2. Гальванические элементы 189
3. Аккумуляторы 191

Стр

4. Питание нитей накала от электрических сетей 195
5. Питание анодов от сетей постоянного тока 198
6. Выпрямители 199
7. Электролитические выпрямители 201
8. Кенотронные выпрямители 202
9. Газотронные выпрямители 204
10. Детали выпрямителя 204
11. Фильтр 204

Глава X. Любительские радиостанции 208

Глава XI. Азбука Морзе и операторская работа 214

1. Как изучать азбуку Морзе 214
2. Звуковые генераторы 218
3. Ключ Морзе и работа с ним 221
4. *Q*-код или радиотелеграфный код 224
5. Разбираемость, громкость, модуляция и тон 225
6. Любительский радиожаргон 227
7. *QSL*-карточки 230
8. Позывные 234
9. Прием станций и ведение *QSO* 234